



Libertad y Orden

# G • U • Í • A MINERO AMBIENTAL



# EXPLOTACIÓN

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA - MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

**Camilo E. Peña Vargas**  
*Diseño, Armada Electrónica y Producción*



Libertad y Orden

**ÁLVARO URIBE VÉLEZ**

*Presidente de la República*

**LUIS ERNESTO MEJÍA CASTRO**

*Ministro de Minas y Energía*

**CECILIA RODRÍGUEZ GONZÁLEZ-RUBIO**

*Ministra del Medio Ambiente*

**JUAN MANUEL GERS OSPINA**

*Viceministro de Minas y Energía*

**JUAN PABLO BONILLA ARBOLEDA**

*Viceministro del Medio Ambiente*

**LUIS ÁLVARO PARDO BECERRA**

*Director de Minas*

**GERARDO VIÑA VIZCAINO**

*Director General Ambiental Sectorial*

#### ENTIDADES PARTICIPANTES

##### MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

**Efraín Rodríguez Urbina**

*Minercol*

**Germán Guerrero Guzmán**

*Ingeominas*

**Francisco Javier Pérez A.**

*Minercol*

**María Cecilia Concha**

*Upme*

##### MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE

**Elías Pinto Martínez**

#### APOYO TÉCNICO

COOPERACION TÉCNICA INTERNACIONAL

CERI - COLOMBIA - CIDA

LAKEFIELD RESEARCH LIMITED

##### CANADÁ

*Samuel Wade Stogran*

*John Pierre Desbiens*

*Leanne Adèle Knox*

##### COLOMBIA

*David Buitrago Salomón*

*Adolfo León Correa Silva*

*Víctor Manuel Carrillo Lombana*

REPÚBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DE  
MINAS Y ENERGÍA

REPÚBLICA DE COLOMBIA  
MINISTERIO DEL  
MEDIO AMBIENTE

ENERGY, MINING AND ENVIRONMENT PROJECT  
PROYECTO DE ENERGÍA MINERA Y MEDIO AMBIENTE  
CERI-COLOMBIA-CIDA

*LakefieldResearch*



# Tabla de Contenido

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1.0 INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
1.1 Antecedentes	11
1.2 Objetivo	11
1.3 Etapas y Fases de un Proyecto Geológico Minero	12
<b>2.0 INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LA GUÍA</b>	<b>13</b>
2.1 Generalidades	13
2.2 Estructura y Nomenclatura	13
2.3 Uso de la Guía	13
2.4 Procedimiento para el Manejo de la Guía	14
<b>3.0 Marco Jurídico</b>	<b>15</b>
3.1 Marco Legal Minero	15
3.1.1 Zonas Mineras Especiales	16
3.1.2 Registro Minero	17
3.1.3 Normas Reglamentarias y Complementarias	18
3.1.4 Trámites Mineros	19
3.1.5 Medios e Instrumentos Mineros y Ambientales	20
3.2 Marco Legal Ambiental	22
3.2.1 Requisitos Ambientales para la Exploración	22
3.2.2 Componentes para el seguimiento ambiental de los Trabajos de Exploración	24

3.2.3	<i>Requisitos Ambientales para la Etapa de Explotación</i>	24
3.2.4	<i>Permisos Ambientales</i>	24
3.2.5	<i>Competencias Trámites Ambientales</i>	25
3.2.6	<i>Normas Ambientales Generales</i>	26
<b>4.0</b>	<b>NORMAS TÉCNICAS GEOLÓGICAS, MINERAS Y AMBIENTALES</b>	<b>31</b>
<b>5.0</b>	<b>CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y OBRAS Y TRABAJOS DE EXPLOTACIÓN</b>	<b>35</b>
5.1	Construcción y Montaje Minero	37
5.1.1	<i>Acciones Generales de las Obras de Construcción y Montaje</i>	37
5.2	Obras y Trabajos de Explotación a Cielo Abierto	39
5.2.1	<i>Métodos de Explotación</i>	39
5.2.2	<i>Materiales de Arrastre y Aluviones</i>	43
5.2.3	<i>Actividades y Operaciones Unitarias de la Explotación a Cielo Abierto</i>	44
5.3	Obras y Trabajos de Explotación Subterránea	46
5.3.1	<i>Métodos de Explotación</i>	47
5.3.2	<i>Actividades y Operaciones Unitarias de la Explotación Subterránea</i>	50
5.4	Cierre y Abandono de Mina	52
5.4.1	<i>Cierre de Operaciones en Minas a Cielo Abierto</i>	54
5.4.2	<i>Cierre de Operaciones en Minas Subterráneas</i>	55
5.4.3	<i>Aspectos de Cierre Relacionados con Estériles y Colas de Proceso</i>	55
5.4.4	<i>Aspectos de Cierre Relacionados con Confinamiento Acuoso de Colas de Proceso</i>	56
5.4.5	<i>Aspectos de Cierre Relacionados con el Manejo de Aguas</i>	56
5.4.6	<i>Aspectos de Cierre Relacionados con Infraestructura</i>	57
<b>6.0</b>	<b>EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES</b>	<b>58</b>
6.1	Identificación de Impactos Ambientales	58
6.2	Valoración de la Magnitud de los Impactos Ambientales	62
6.3	Relación de Actividades, Impactos y Fichas de Manejo	63
6.3.1	<i>Impactos en el Componente Agua</i>	63
6.3.2	<i>Impactos en el Componente Aire (Aumento de Material Particulado y Gases)</i>	64

6.3.3	<i>Impactos en el Componente Aire (Ruido)</i>	64
6.3.4	<i>Impactos en el Componente Suelo</i>	65
6.3.5	<i>Impactos en el Componente Suelo (Activación de la Erosión)</i>	65
6.3.6	<i>Impactos en el Componente Suelo (Hundimiento del Terreno)</i>	66
6.3.7	<i>Impactos en el Componente Flora</i>	66
6.3.8	<i>Impactos en el Componente Fauna</i>	67
6.3.9	<i>Impactos en el Componente Social (Generación de Expectativas)</i>	68
6.3.10	<i>Impactos en el Componente Social (Afectación de la Infraestructura Pública y Privada)</i>	68
6.3.11	<i>Impactos en el Componente Social (Cambios en el Uso del Suelo)</i>	69
6.3.12	<i>Impactos en el Componente Social (Afectación del Patrimonio Cultural)</i>	69
6.3.13	<i>Impactos en el Componente Social (Modificación en el Paisaje)</i>	70
6.3.14	<i>Impactos en el Componente Social (Aumento de Bienes y Servicios)</i>	70

## **7.0 MANEJO DE IMPACTOS AMBIENTALES** 71

7.1	Planeación Ambiental para la Ejecución del PTO	72
7.2	Abastecimiento de Agua	75
7.3	Manejo de Aguas Lluvias	76
7.4	Manejo de Aguas Residuales Domésticas	77
7.5	Manejo de Aguas Residuales Industriales	81
7.6	Manejo de Aguas Residuales Mineras	82
7.7	Manejo de Cuerpos de Agua	87
7.8	manejo de Material Particulado y Gases	89
7.9	Manejo del Ruido	90
7.10	Manejo de Combustibles	91
7.11	Manejo del Suelo	92
7.12	Control de Erosión	93
7.13	Manejo de Perforación y Voladura	95
7.14	Manejo de Hundimientos	98

7.15 Manejo de Estériles y Escombros .....	101
7.16 Manejo de Vías .....	104
7.17 Manejo de Residuos Sólidos .....	106
7.18 Manejo de Fauna y Flora .....	108
7.19 Plan de Gestión Social .....	112
7.20 Educación Ambiental .....	114
7.21 Fortalecimiento Institucional .....	115
7.22 Contratación de Mano de Obra .....	116
7.23 Rescate Arqueológico .....	117
7.24 Manejo Paisajístico .....	118
7.25 Plan de Recuperación .....	123
<b>8.0 SEGUIMIENTO, MONITOREO Y EVALUACIÓN .....</b>	<b>127</b>
8.1 Informes de Avance y Cumplimiento .....	130
8.2 Indicadores de Gestión Ambiental .....	137
8.2.1 <i>Indicador de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental</i> .....	139
8.2.2 <i>Indicador de Gestión de Permisos Ambientales</i> .....	141
8.2.3 <i>Indicador de Impacto Ambiental</i> .....	142
8.2.4 <i>Ejemplo Ilustrativo para el Cálculo del Indicador de Gestión Ambiental</i> .....	142
<b>9.0 EVALUACIÓN DE RIESGOS .....</b>	<b>150</b>
9.1 Objetivos y Alcances .....	150
9.2 Lineamientos Generales .....	150
9.3 Plan Operativo .....	151
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>152</b>



## Presentación

**D**esarrollar el subsector de la minería de manera armónica con el medio ambiente es un compromiso del Ministerio de Minas y Energía con el país y sus habitantes. Es por ello que, especialmente, desde la expedición de la Ley 685 de 2001 –Código de Minas–, las autoridades minera y ambiental iniciaron acciones orientadas a reglamentar, en forma concertada, temas de interés común con el objeto de garantizar que todas las fases del ciclo minero observen de manera permanente las Guías Minero Ambientales.

Dicha Ley ordena crear y adoptar las Guías Minero Ambientales para adelantar la gestión técnica en los proyectos del sector, con el fin de facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades y los particulares. En consecuencia, los dos ministerios mencionados iniciaron desde finales del 2001 su elaboración, como herramientas fundamentales en los procesos de evaluación y seguimiento de los contratos de concesión, dentro de una visión prospectiva en beneficio del sector y la preservación del medio ambiente.

Atendiendo a estos propósitos y con el decidido compromiso de las entidades adscritas y vinculadas y de las autoridades delegadas, los gremios mineros, las Corporaciones Autónomas Regionales y la academia, entre otros; con el apoyo de la Cooperación Técnica Internacional de Canadá (CERI – COLOMBIA – CIDA), y bajo la coordinación del Ministerio de Minas y Energía y del Ministerio del Medio Ambiente, se avanzó de manera concertada en el diseño y elaboración de las guías minero-ambientales para las actividades mineras.

Es por tanto satisfactorio para estos Ministerios poner a disposición de la sociedad en general y de la comunidad minera en particular, un paquete de tres (3) guías minero-ambientales, que constituyen el referente técnico de gestión ambiental para las actividades de exploración, explotación (a cielo abierto y subterránea), beneficio y transformación de minerales.

Estas guías serán valiosas herramientas para las autoridades minera y ambiental, gremios y comunidades en general, por cuanto proponen acciones para el mejoramiento continuo de la gestión, manejo y desempeño minero-ambiental, en el marco del desarrollo sostenible como compromiso de la humanidad.

**Luis Ernesto Mejía Castro**

Ministro de Minas y Energía

**Cecilia Rodríguez González-rubio**

Ministra del Medio Ambiente

# CME 1

## Introducción

La Guía Minero Ambiental de Explotación es una herramienta de consulta y orientación, conceptual y metodológica, para mejorar la gestión y desempeño minero-ambiental. Es realizada con el propósito de introducir al concesionario en los aspectos pertinentes al desarrollo de un proyecto minero de una forma técnica, sostenible y ambientalmente viable; y para que los lineamientos planteados se apliquen a las características específicas y condiciones del área de explotación contratada.

Esta guía constituye un instrumento de consulta obligatoria que orienta técnicamente la realización de las obras de construcción y montaje, así como los trabajos de explotación. De igual manera la guía servirá para la planeación, ejecución y seguimiento de las actividades de carácter ambiental, que deben ser realizadas de acuerdo con las actividades mineras.

### 1.1 Antecedentes

Teniendo en cuenta la necesidad de integrar el manejo ambiental con el desarrollo de

las actividades mineras, la Ley 685 de 2001, contempló la realización de guías minero-ambientales para orientar el desarrollo de las actividades sectoriales y ser un complemento didáctico de los Términos de Referencia mineros.

Desde 1997 el Ministerio del Medio Ambiente ha trabajado las guías ambientales sectoriales en el marco de su política de producción más limpia.

### 1.2 Objetivo

Presentar al concesionario minero, los gremios, subcontratistas mineros y a las entidades mineras y ambientales y sus delegadas, una herramienta de gestión, manejo y desempeño minero ambiental y de estricta sujeción, que oriente la ejecución de las obras de Construcción y Montaje y las obras de Explotación, con el fin de facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades y de los particulares, enfocando su aplicación hacia la explotación racional del recurso mineral y al correcto manejo minero ambiental que de la ejecución de estas actividades se deriven.

### 1.3 Etapas y fases de un Proyecto Geológico Minero

Después de tomar la decisión de invertir en minería, un proyecto minero contempla el desarrollo de las etapas y actividades presentadas en la figura 1-1.

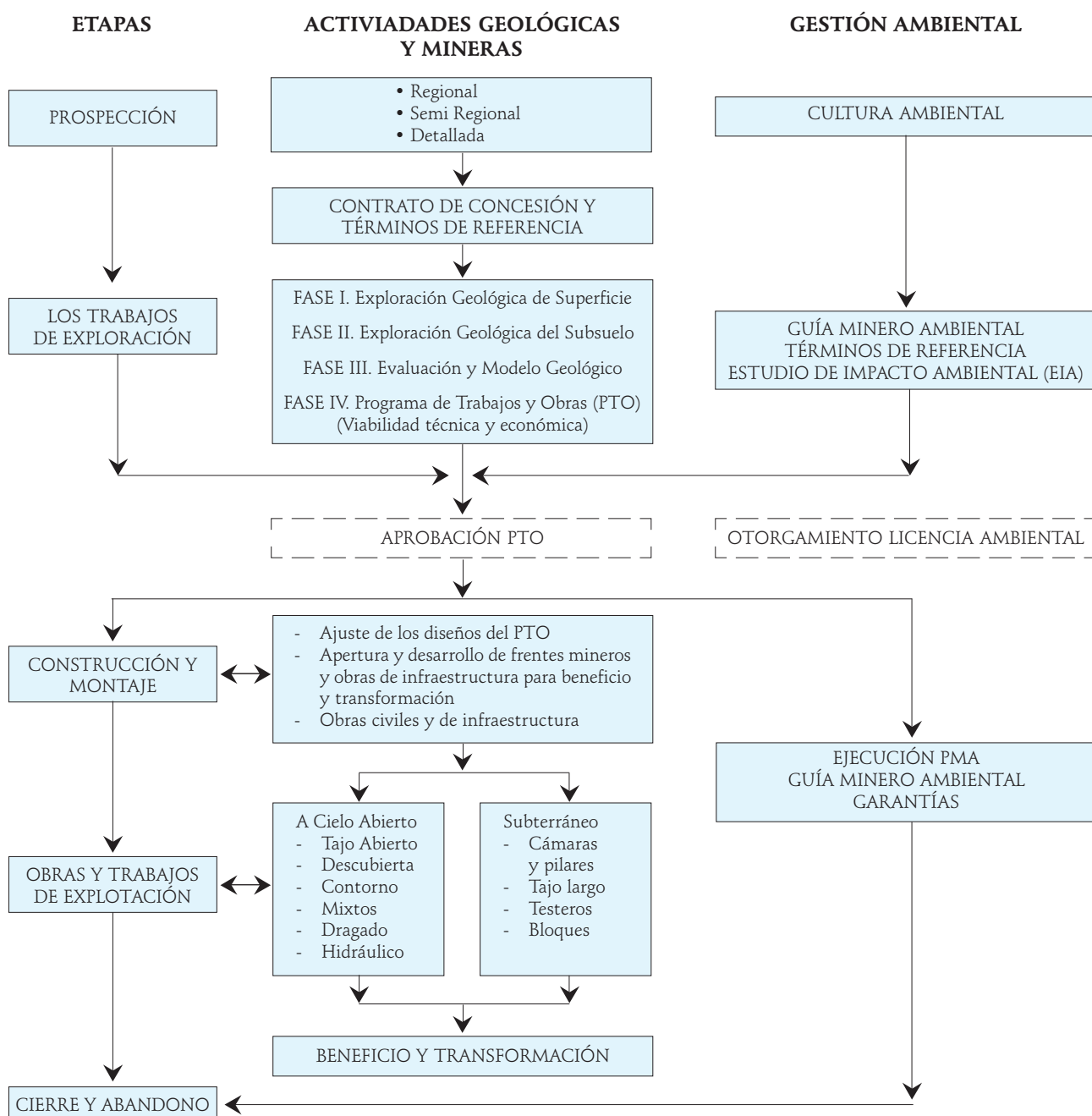


Figura. 1-1 . Etapas y Fases de un Proyecto Geológico Minero.

## CME 2

# Instrucciones para el uso de la guía

## 2.1 Generalidades

Esta guía contiene los aspectos generales geológicos, mineros y ambientales de las Obras de Construcción y Montaje, y las Obras y Trabajos de Explotación que debe tener en cuenta el concesionario minero para llevar a cabo la operación minera, después de haber delimitado las áreas de explotación definidas en el PTO.

## 2.2 Estructura y Nomenclatura

La guía está planteada en diez capítulos organizados como se muestra en la tabla 2-1.

Capítulo	Título
CME 1	Introducción
CME 2	Instrucciones Para el Uso de la Guía
CME 3	Marco Jurídico
CME 4	Normas Técnicas Geológicas, Mineras y Ambientales
CME 5	Construcción, Montaje y Obras y Trabajos de Explotación
CME 6	Evaluación de Impactos Ambientales
CME 7	Manejo de Impactos Ambientales
CME 8	Seguimiento, Monitoreo y Evaluación
CME 9	Evaluación de Riesgos
CME 10	Bibliografía

Tabla 2-1. Capítulos de la Guía de Explotación

Las secciones del Capítulo 7, Manejo de Impactos Ambientales, corresponden a **fichas de manejo** que serán referidas en el Capítulo 6, Evaluación de Impactos Ambientales, con la nomenclatura que presenta la figura 2-1, la cual hace referencia a las siguientes convenciones:

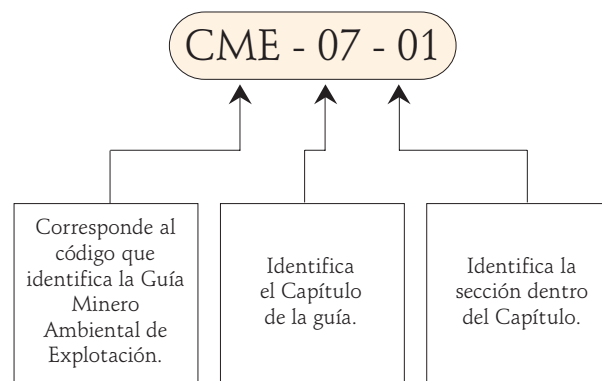


Figura. 2-1

## 2.3 Uso de la Guía

En la figura 2-2 se presenta la secuencia de funcionamiento de la Guía y la manera como se puede consultar.

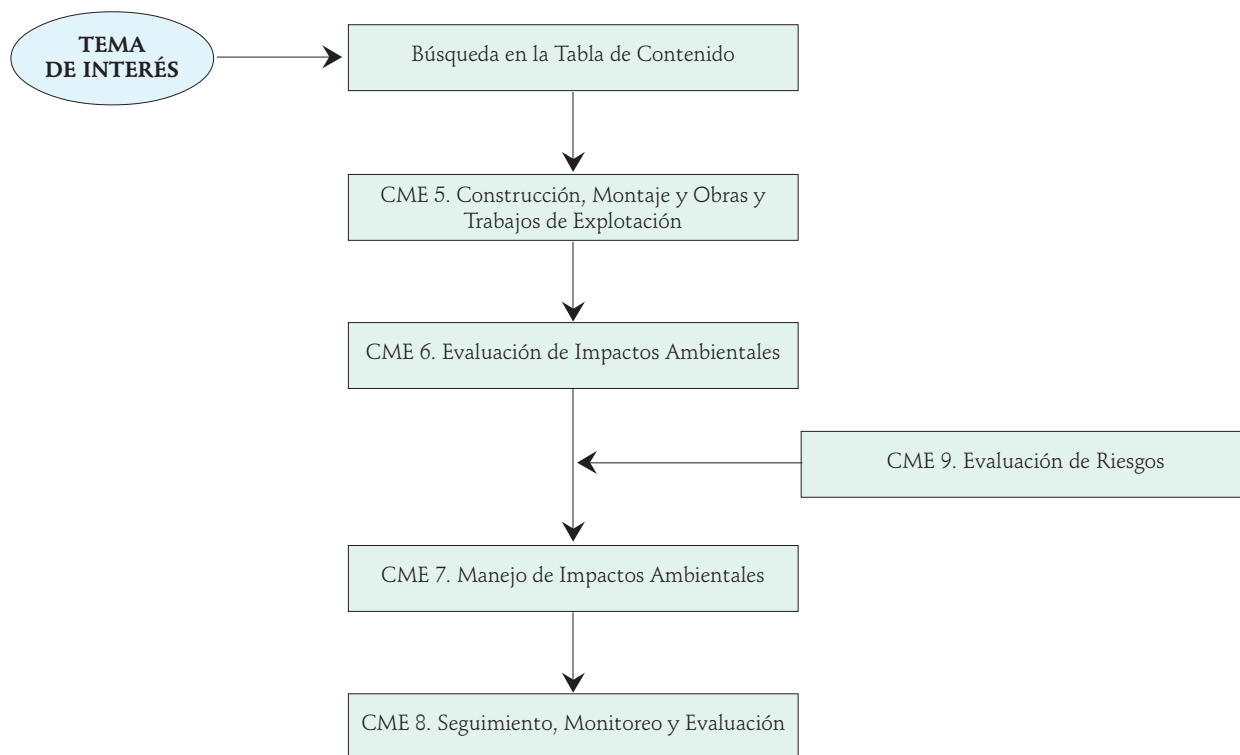


Figura. 2-2. Esquema de uso de la Guía.

## 2.4 Procedimiento para el Manejo de la Guía

El concesionario minero interesado en desarrollar las actividades de Construcción y Montaje y Obras de Explotación puede aplicar el siguiente esquema de procedimiento:

1. Identificar la actividad de interés en relación con la obra a desarrollar (Construcción y Montaje y Obras y Trabajos de Explotación), Capítulo 5.
2. En la obra “Frentes Mineros” de la actividad “Apertura y Desarrollo de Frentes Mineros y Obras de Infraestructura para Beneficio y Transformación”, capítulo 5.1.1, numeral B, se identifica la activi-

dad de interés, Cielo Abierto o Subterráneo.

3. Identificar y evaluar el impacto ambiental de dichas actividades.
4. Determinar los riesgos potenciales de las actividades en relación con el área donde el proyecto se realiza.
5. Identificar la correspondiente ficha de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos contemplados.
6. Definir la ficha referenciándola al marco específico generado por el ámbito del proyecto.

## CME 3

### Marco Jurídico

La legislación colombiana del área minero-ambiental se expresa en éste Capítulo, en dos marcos jurídicos: el Minero y el Ambiental. La Tabla 3-1 describe el tratamiento de los mismos.

MARCO LEGAL MINERO LEY 685 DE 2001	MARCO LEGAL AMBIENTAL LEY 99 DE 1993
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro Minero</li> <li>• Normas Reglamentarias y Complementarias</li> <li>• Trámites Mineros</li> <li>• Medios e Instrumentos Mineros y Ambientales</li> <li>• Trámites Ambientales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licenciamiento Ambiental</li> <li>• Permisos Ambientales</li> <li>• Competencias Trámites Ambientales</li> <li>• Normas Ambientales Generales</li> </ul>

Tabla. 3-1. Marco legal Minero y Ambiental

#### 3.1 Marco Legal Minero

La actividad minera del país está regulada por la Ley 685 de 2001, –Código de Minas–, cuyos objetivos fundamentales son:

Fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros estatales y privados.

Estimular las actividades de exploración y explotación minera, con el fin de satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos.

Incentivar el aprovechamiento racional de los recursos mineros, de manera que armonice con los principios y normas de explotación de los recursos naturales no renovables.

Promover el aprovechamiento de los recursos mineros dentro del concepto integral de desarrollo sostenible y fortalecimiento económico y social del país.

El Código “regula las relaciones jurídicas del Estado con los particulares y las de estos entre sí, por causa de los trabajos y obras

de la industria minera en sus fases de prospección, exploración, construcción y montaje, explotación, beneficio, transformación, transporte y promoción de minerales que se encuentren en el suelo o subsuelo, ya sea de propiedad nacional o propiedad privada”.

De igual modo, establece el principio de sostenibilidad como el deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, lo cual es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar el aprovechamiento racional de los recursos mineros como componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social. Este principio

deberá inspirar la interacción de los dos campos de actividad.

### 3.1.1 Zonas Mineras Especiales

En el Código de Minas se considera conveniente reservar, excluir o restringir la actividad minera, en aquellas áreas del territorio nacional que gozan de un estatus especial dentro de la legislación nacional o cuentan con alguna restricción especial del orden nacional, regional o local.

En la tabla 3-2 se resumen los aspectos más importantes para la identificación de las áreas reservadas, excluidas, restringidas y de las comunidades indígenas y negras mineras.

Tipo de Zonas		Objetivo	Descripción
Zonas de Seguridad Nacional		El Gobierno Nacional establecerá zonas donde, sólo por razones de seguridad nacional, no podrán presentarse propuestas ni contratos de concesión.	Se mantendrán mientras subsistan las razones que motivaron su creación.
Reservas Especiales	Zonas de explotaciones tradicionales de minería informal	El Estado delimitará zonas donde, provisionalmente, no se admitirán nuevas propuestas ni contratos de concesión, y sobre las cuales adelantará estudios geológicos mineros para proyectos mineros especiales y de reconversión.	<b>Proyectos Mineros Especiales:</b> Proyectos mineros comunitarios donde es posible realizar un aprovechamiento minero.  <b>Proyectos de Reconversión:</b> Donde no es posible llevar a cabo el aprovechamiento del recurso minero. Acción orientada a la capacitación en nuevas actividades económicas, o complementarias a la actividad minera.
Exclusión	Sistema de Parques Nacionales Naturales	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras	Estas zonas deberán ser delimitadas geográficamente por la autoridad ambiental, con la colaboración de la autoridad minera; basados en estudios técnicos, sociales y ambientales.
	Parques Naturales Regionales	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras. Únicamente se podrá adelantar en forma restringida, cuando la autoridad ambiental lo autorice.	
	Zonas de Reserva Forestal	En estas zonas no podrán adelantarse actividades mineras. Únicamente se podrá adelantar en forma restringida, cuando la autoridad ambiental lo autorice.	

Tabla. 3-2. Zonas Mineras Reservadas, Excluidas, Restringidas y de Minorías Étnicas.



Tipo de Zonas		Objetivo	Descripción
Restringidas	Dentro del Perímetro urbano	Evitar conflictos y realizar los trabajos mineros respetando las normas existentes.	Podrán efectuarse trabajos y obras de exploración y de explotación de minas, con el consentimiento de las autoridades competentes, los dueños de predios, o con los permisos respectivos.
	Áreas ocupadas por construcciones rurales		
	Zonas de Interés arqueológico, histórico o cultural		
	Playas, zonas de bajamar y trayectos fluviales servidos por empresas públicas de transporte		
	Áreas ocupadas por una obra pública o adscritas a un servicio público		
Mineras ocupadas por comunidades indígenas y negras	Mineras Indígenas Mineras de comunidades negras Mineras Mixtas	Todo explorador o explotador de minas está en obligación de realizar sus actividades sin que éstas afecten los valores culturales, sociales y económicos de las comunidades y grupos étnicos que ocupan, real y tradicionalmente, el área objeto de concesiones o de títulos de propiedad privada del subsuelo.	La autoridad minera, previa solicitud expresa de la comunidad indígena, señalará y delimitará, con base en estudios técnicos y sociales <b>las zonas mineras indígenas</b> . En estas, la exploración y explotación minera deberá tener en cuenta la participación de las comunidades y grupos asentados en dichos territorios. En los terrenos baldíos adjudicados como de propiedad colectiva de una comunidad negra, la autoridad minera podrá establecer <b>zonas mineras especiales</b> . Los trabajos mineros se ejecutarán respetando y protegiendo los valores que constituyen la identidad cultural y formas tradicionales de la explotación de las comunidades negras.  La autoridad minera, dentro de territorios ocupados por comunidades negras e indígenas, establecerá <b>zonas mineras mixtas</b> en beneficio conjunto o compartido de estas minorías, a solicitud de uno o los dos grupos étnicos.

### 3.1.2 Registro Minero

El Registro Minero Nacional es un medio de autenticidad y publicidad de los actos y contratos estatales y privados, que tiene por objeto principal la constitución, conservación, ejercicio y gravamen de los derechos a explorar y explotar minerales, emanados de títulos otorgados por el Estado o de títulos de propiedad privada del subsuelo.

Únicamente se podrá constituir, declarar y probar el derecho a explorar y explotar minas de propiedad estatal, mediante el contrato de concesión minera, debidamente otorgado e inscrito en el Registro Minero Nacional.

### Contrato de Concesión Minera

Es el que celebra el Estado y un particular para efectuar, por cuenta y riesgo de éste, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal, que puedan encontrarse dentro de una zona determinada. La explotación se realiza en los términos y condiciones establecidos en el Código de Minas.

El Contrato de Concesión comprende, dentro de su objeto, las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de minerales por cuenta y riesgo del concesionario y el cierre o abandono de los trabajos u obras correspondientes.

En la Tabla 3-3 se presentan los tiempos de duración que establece el Código de Minas para el ciclo minero y se menciona la situación en que estos períodos pueden ser mayores o menores.

Etapas	Período años	Prórroga años	Disminución del período	
			Situación	Condición
Exploración	3	2	Podrá ser menor a 3 años por solicitud del proponente	Cumplimiento de las obligaciones mínimas exigidas para esta etapa del contrato
Construcción y Montaje	3	1	Podrá ser menor cuando la explotación se realice en forma anticipada y lo permitan la infraestructura y montajes provisionales o incipientes	Aviso previo y por escrito a la autoridad minera y presentación del Programa de Obras y Trabajos de la explotación anticipada
Explotación	24		Será menor cuando el concesionario haga uso de las prórrogas en los períodos de exploración, construcción y montaje.	
Total Concesión	30	30		

Tabla. 3-3. Duración de la Concesión

### 3.1.3 Normas Reglamentarias y Complementarias

- Normas Reglamentarias Ley 685 de 2001:
  - Resolución 18-1053 de 2001: MinMinas delega a Minercol Ltda las funciones de tramitación, titulación, registro, asistencia técnica, fiscalización y vigilancia de las obligaciones emanadas de los títulos, contratos, solicitudes y propuestas mineras.
  - Resolución 18-1130 de 2001: Excepción en las funciones delegadas a Minercol Ltda.
  - Resolución 18-1145 de 2001: Reglamenta la delegación de MinMinas en los gobernadores de departamentos y en los alcaldes de ciudades capital de departamento sus funciones de tramitación y celebración de contratos de concesión.
  - Resolución 18-1191 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento del Cesar.
  - Resolución 18-1192 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento de Boyacá.
  - Resolución 18-1193 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento de Caldas.
  - Resolución 18-1194 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento de Antioquía.
  - Resolución 18-1195 de 2001: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del Departamento de Norte de Santander.
  - Resolución 18-1320 de 2001: Ordena cancelación de la inscripción de los aportes en el Registro Minero Nacional.
  - Resolución 18-1568 de 2001: Por la cual se modifica la Resolución 18-1145 de 2001.
  - Resolución 18-1847 de 2001: Formulario para la legalización de explotaciones mineras sin título inscrito en el Registro Minero Nacional.
  - Resolución 0034 de 2001: Formulario de propuesta de Contrato Unico de Concesión.
  - Resolución 0036 de 2001: Adición a la Resolución 0034 de 2001 y se deroga la Resolución 014 de 2000.

- *Resolución 18-0635 de 2002*: Excepción en las funciones delegadas al Gobernador del departamento de la Guajira.
- *Decreto 2353 de 2001*: Reglamentación al recaudo y distribución de la regalías.
- *Decreto 136 de 2002*: Modificación del párrafo del artículo tercero del decreto 2353 de 2001.
- *Normas Complementarias del marco legal minero*:
- *Decreto 1335 de 1987 - Seguridad en minería subterránea*: Reglamento de seguridad en las labores de minería subterránea.
- *Decreto 2222 de 1993 - Seguridad e Higiene Industrial en la minería a cielo abierto*: Reglamenta todo lo concerniente a la higiene y seguridad industrial de las actividades mineras a cielo abierto.
- *Ley 141 de 1994 - Ley de Regalías*: Crea el fondo Nacional de Regalías. Consagra el derecho del Estado de percibir regalías por la explotación de los recursos naturales no renovables.
- *Ley 756 de 2002 - Regalías*: Modifica la Ley 141 de 1994; establece criterios de distribución.

### 3.1.4 Trámites Mineros

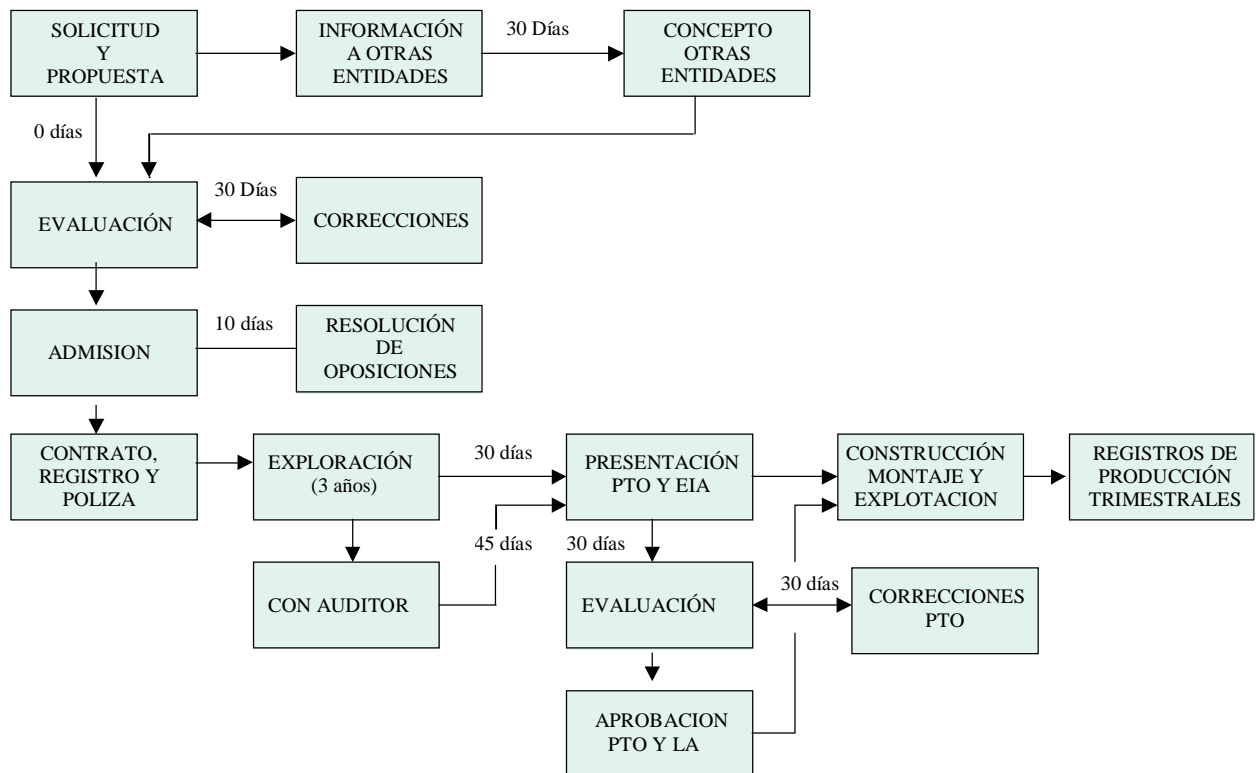


Figura. 3-1. Trámites Mineros

• *Requisitos para la Presentación de Propuesta para Contrato de Concesión*

1. Indicar nombre, identidad y domicilio del interesado.
2. Señalar el municipio y departamento y de la autoridad ambiental, de ubicación del área o trayecto solicitado.
3. Describir el área objeto del contrato y su extensión.
4. Identificar el mineral(es) objeto del contrato.
5. Mencionar los grupos étnicos con asentamientos permanentes en el área o trayectos solicitados; o declarar, si es el caso, que se halla total o parcialmente dentro de zona minera indígena, de comunidades negras o mixtas.
6. Notificar si el área abarca, en todo o en parte, lugares o zonas restringidas para cuya exploración y explotación se requiere autorización o concepto de otras autoridades.
7. Señalar los términos de referencia y guías minero ambientales que se aplicarán a los trabajos de exploración, y el estimativo de la inversión económica para la aplicación de tales términos y guías.
8. Adjuntar un plano topográfico con las características técnicas oficiales.

**3.1.5 Medios e Instrumentos Mineros y Ambientales**

- *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL*. Podrá exigirse por parte de la autoridad ambien-

tal competente a los proyectos, obras o actividades que, con anterioridad a la vigencia de la Ley 99/93, iniciaron sus actividades, y para los proyectos de legalización de la minería de que trata el artículo 165 de la Ley 685 de 2001.

- *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL*. El EIA contendrá los elementos, informaciones, datos y reconocimientos que se requieran para describir y caracterizar el medio físico, social y económico del lugar o región de las obras y trabajos de explotación; los impactos de dichas obras y trabajos con su correspondiente evaluación; los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos; las medidas específicas que se aplicarán en el abandono y cierre de los frentes de trabajo y su plan de manejo; las inversiones necesarias y los sistemas de seguimiento de las medidas. El EIA del proyecto minero lo presenta el interesado con el Programa de Trabajos y Obras Mineras que resulte de la exploración.
- *TÉRMINOS DE REFERENCIA AMBIENTALES*. Los Términos de Referencia adoptados para elaboración, presentación y aprobación de los estudios ambientales tienen como objetivo facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades ambientales y de los particulares. Los TR tienen un carácter obligatorio y genérico; en consecuencia deberán ser adaptados a las particularidades del proyecto minero, así como a las características ambientales de la región en donde se desarrolla la actividad minera. Los TR constan de Información general, descripción de las actividades, caracterización ambiental del área de estudio, evaluación ambiental y el Plan de Manejo Ambiental.

- *TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LOS TRABAJOS DE EXPLORACION Y PTO.* Los Términos de Referencia para elaboración, presentación y aprobación de los estudios mineros tienen como objetivo facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades mineras y de los particulares. Con la presentación de la propuesta de contrato de concesión, el interesado se obliga a adelantar Los Trabajos de Exploración y el Programa de Trabajos y Obras de Explotación de acuerdo con los Términos de Referencia y guías establecidas por la autoridad minera.
- *LICENCIA AMBIENTAL GLOBAL.* La licencia ambiental para las obras y trabajos del concesionario minero se otorgará de manera global para la construcción, montaje, explotación, beneficio y transporte interno de los correspondientes minerales. La licencia comprenderá los permisos, autorizaciones y concesiones para hacer uso de los recursos necesarios para el aprovechamiento minero. La vigencia de dichos permisos será igual a la de la licencia ambiental.
- *PERMISOS, AUTORIZACIONES Y CONCESIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.* Cuando en desarrollo de los trabajos de exploración se requiera usar en forma ocasional o transitoria, recursos naturales renovables de la zona explorada, se solicitará la correspondiente autorización a la autoridad ambiental competente.
- *GUIAS MINERO AMBIENTALES.* Las guías técnicas para adelantar la gestión ambiental en los proyectos mineros tienen como objeto facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades mineras, ambientales y particulares.
- *AUDITORÍAS AMBIENTALES EXTERNAS.* Se realizarán a través de profesionales o firmas de reconocida idoneidad e inscritos y calificados por el Ministerio del Medio Ambiente para que, seleccionadas por los usuarios y a su costa, hagan la auditoría y seguimiento de la manera como se cumplan las obligaciones ambientales en los correspondientes contratos de concesión.
- *AUDITORÍAS MINERAS EXTERNAS.* La autoridad minera previo concepto del Consejo Asesor de Política Minera, podrá autorizar a profesionales y firmas de reconocida y comprobada idoneidad en el establecimiento y desarrollo de proyectos mineros, para que a petición y a costa del contratista, evalúen los estudios técnicos presentados y hagan la auditoría de las obras y labores del proyecto y de la forma como da cumplimiento a sus obligaciones. Los auditores son auxiliares de la autoridad minera, la cual conservará su autonomía y facultad decisoria.

En la Ley 99 se define la Licencia Ambiental como un instrumento de gestión y planificación para prevenir, mitigar, corregir, compensar y manejar los efectos ambientales durante el desarrollo de cualquier obra o actividad. La Licencia Ambiental se estableció como requisito para cualquier obra o proyecto que genere deterioro grave a los recursos naturales renovables o al ambiente y modificaciones considerables o cambios notorios al paisaje.

## 3.2 Marco Legal Ambiental

### 3.2.1 Requisitos Ambientales para la Exploración

Para cumplir con la normatividad relacionada con la solicitud y trámite de permisos, autorizaciones y concesiones de recursos naturales renovables requeridos para los trabajos de exploración, es necesario tener conocimiento de la oferta y demanda de recursos naturales objeto de uso, aprovechamiento o afectación, con el fin de establecer las asignaciones, el manejo y el grado de intervención que pueda realizarse sobre los mismos. La solicitud de los permisos debe realizarse de acuerdo con la información que se presenta a continuación. La obtención de los mismos, es indispensable para dar inicio a los trabajos de exploración.

La guía minero-ambiental es el instrumento de referencia para el manejo ambiental y por tanto, el concesionario deberá ajustarla a las características y condiciones específicas del área solicitada (art. 272 código de minas). Antes de iniciar los trabajos de exploración deberá diligenciar el formato de inscripción de las medidas de manejo ambiental, de acuerdo con la guía y con la reglamentación expedida por el Ministerio del Medio Ambiente.

- *Aprovechamiento Forestal.*

La construcción e instalación de las obras de infraestructura necesaria para el proyecto, así como la apertura de vías, escombreras y patios de acopio requieren el despeje y remoción de áreas con vegetación.

*Requisitos:*

- Justificación técnica de la necesidad de realizar el aprovechamiento forestal.

- Plano de ubicación con coordenadas geográficas, planas y delimitación (establecimiento de linderos) de las áreas solicitadas para aprovechamiento forestal.
- Régimen de propiedad de las áreas objeto de aprovechamiento forestal.
- Extensión de las áreas objeto de aprovechamiento, así como identificación taxonómica de especies, volumen, cantidad o peso aproximado y uso que se pretende dar a los productos.
- Presentación del Plan de Aprovechamiento Forestal, en el que se incluya un inventario estadístico con error de muestreo no superior al quince por ciento (15%) y una probabilidad del noventa y cinco por ciento (95%).
- Se deben indicar los proyectos compensatorios tales como protección, conservación y repoblación forestal, que se contemplarán en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto.

- *Ocupación de Cauces o Lechos de Corrientes o Depósitos de Agua.*

En caso de ser necesaria la construcción de obras que ocupen cauces de una corriente o depósito de agua, bien sea por infraestructura propia del proyecto, vías o instalaciones necesarias para la explotación.

*Requisitos:*

- Obras típicas a construir y su temporalidad. Conocimiento básico del comportamiento de la corriente en los sectores afectables, con planos a escala adecuada.
- Impactos ambientales previsibles. Obras típicas de protección de control torrencial para cada sector a intervenir. Procedimientos constructivos.



- *Concesión de Aguas Superficiales*

Para instalaciones del proyecto y actividades de explotación.

*Requisitos:*

- Caudales característicos de las corrientes o cuerpos de agua que se utilizarán para el proyecto. Inventario de usuarios aguas abajo de las corrientes a utilizar.
- Caudales y volúmenes típicos para las diferentes actividades y globales estimados para el proyecto, según las diferentes destinaciones del recurso.
- Diseños típicos de los sistemas de captación, conducción, control de caudales, derivaciones y disposición de sobrantes. Ubicación de los sectores de captación de las corrientes o cuerpos de agua a utilizar.

- *Vertimientos Residuos Líquidos*

En la explotación se pueden generar vertimientos de aguas residuales domésticas, provenientes de los campamentos e instalaciones y aguas residuales industriales y mineras generadas durante la explotación, que deben ser sometidas a tratamientos antes de ser vertidas al cuerpo receptor.

*Requisitos:*

- Localización de la(s) corriente(s) o depósito(s) de agua que habrá de recibir el vertimiento.
- Clase, calidad y cantidad de desagües, descripción general del sistema de tratamiento que se adoptará y estado final previsto (calidad) para el vertimiento.
- Forma y caudal de la descarga expresada en litros por segundo, indicando si se hará en flujo continuo o intermitente.
- Identificación de impactos ambientales, obras de prevención, mitigación y compensación.

- *Emisiones Atmosféricas*

Puede requerirse para la operación de los patios de acopio del mineral.

*Requisitos:*

- Localización de las instalaciones del proyecto.
- Fecha proyectada de iniciación de actividades o fechas proyectadas de iniciación y terminación de obras, trabajos o actividades, si se trata de emisiones transitorias.
- Descripción de las obras, procesos y actividades de producción, mantenimiento, tratamiento, almacenamiento o disposición que generen las emisiones y los planos que dichas descripciones requieran; Flujograma con indicación de ubicación, cantidad y caracterización de los puntos de emisión al aire, descripción y planos de los ductos, chimeneas o fuentes dispersas, e indicación de sus materiales, medidas y características técnicas.
- Información técnica sobre producción prevista o actual, proyectos de expansión y proyecciones de producción a 5 años.
- Estudio técnico de evaluación de emisiones en los procesos de combustión o producción; información sobre consumo de materias primas, combustibles y otros materiales utilizados.
- Diseño de sistemas para el control de emisiones atmosféricas y/o tecnología limpia.

El concesionario deberá ajustar la guía Minero Ambiental a las características y condiciones específicas del área solicitada descrita en la propuesta (art. 272 código de minas), para lo cual se hace necesario presentar, antes del inicio de los trabajos de exploración y para efectos del seguimiento ambiental, el formato de inscripción de las medidas de manejo ambiental en función de

la guía de acuerdo con la reglamentación que expida el Ministerio del Medio Ambiente.

### **3.2.2 Competencias para el seguimiento ambiental de Los Trabajos de Exploración**

Con el artículo 9, párrafo segundo, del Decreto 1728 de 2002, Los Trabajos de Exploración minera estarán sujetos a la guía ambiental y el seguimiento correspondiente será competencia de las Corporaciones Autónomas Regionales o Grandes Centros Urbanos, quienes tendrán en cuenta la reglamentación que para estos efectos expida el Ministerio del Medio Ambiente.

### **3.2.3 Requisitos Ambientales para la Etapa de Explotación**

La ley 99 de diciembre de 1993, en su título octavo, trata lo relativo a la licencia ambiental.

Posteriormente mediante el Decreto 2150 de 1995, artículo 132, se simplifica el trámite de la licencia ambiental para los proyectos. Se establece que dicha licencia llevará implícitos todos los permisos de carácter ambiental.

La Ley 685 de 2001 define la Licencia Ambiental Global como la que otorgará la autoridad ambiental competente para la construcción, montaje, explotación, beneficio y transporte interno sin perjuicio de la autorización que da el Ministerio del Medio Ambiente para el transporte externo de los correspondientes minerales con base en el EIA.

De acuerdo con el Decreto 1728 de 2002 artículo 20, el interesado en obtener la licen-

cia ambiental formulará una petición escrita dirigida a la autoridad ambiental competente. Esta solicitud deberá contener:

- Nombre o razón social, número de identificación y domicilio del solicitante
- Descripción del proyecto, obra o actividad.
- Costo estimado del proyecto, obra o actividad.
- Descripción de las características ambientales generales del área de localización.
- Relación de los recursos naturales renovables que requieran ser usados, aprovechados o afectados durante la ejecución del proyecto, obra o actividad.
- Indicar si el proyecto, obra o actividad afecta las áreas de manejo especial, reservas forestales o humedales de importancia nacional o internacional.

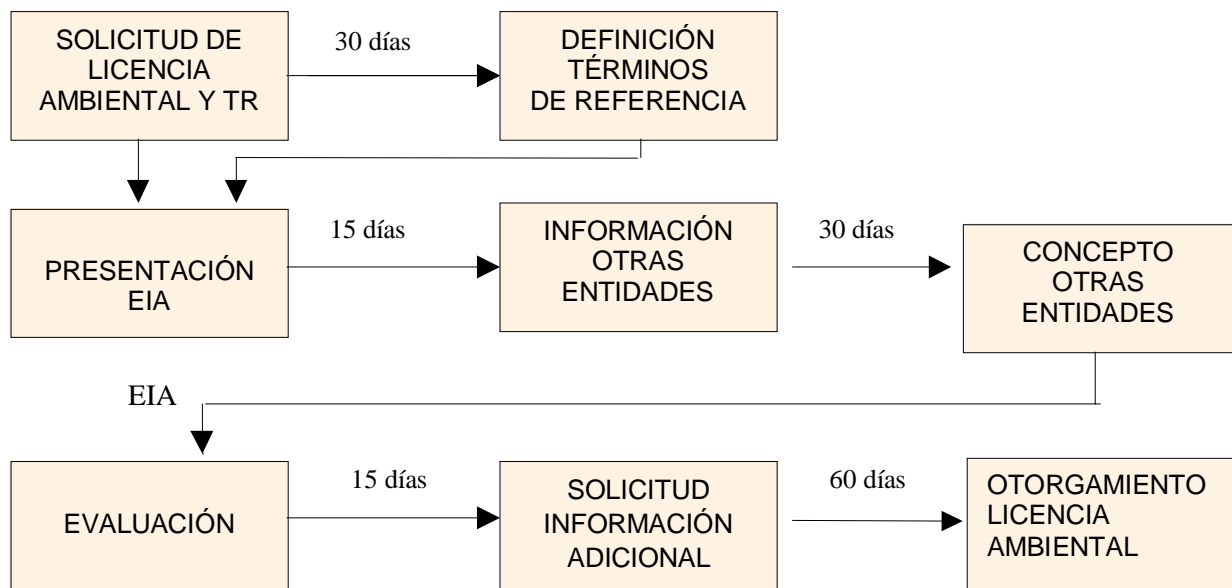
A la solicitud deberá anexar los siguientes documentos.

- Poder debidamente otorgado, cuando actúe mediante apoderado.
- Certificado de existencia y representación legal expedido dentro del mes inmediatamente anterior a la presentación de la solicitud, para el caso de personas jurídicas.
- Certificación expedida por el Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades indígenas.
- Estudio de impacto ambiental.

### **3.2.4 Permisos Ambientales**

El Estudio de Impacto Ambiental deberá incluir información orientada al conocimiento de la oferta y demanda de los recursos naturales que pueden ser utilizados en el desarrollo del proyecto minero, con el fin de establecer las asignaciones, manejo y el grado de interven-





**NOTA:** El trámite para el otorgamiento de la Licencia Ambiental con auditor externo tiene una duración máxima de 90 días

Figura. 3-2. Trámites Licencia Ambiental (Art. 282, Ley 685/01)

ción que pueda realizarse sobre los mismos. En este sentido, se deben relacionar los recursos naturales objeto de uso, aprovechamiento o afectación como consecuencia de la ejecución de las actividades de explotación.

### 3.2.5 Competencias Trámites Ambientales

De acuerdo con el artículo 52, numeral 2º, de la Ley 99 de 1993 en concordancia con el artículo 8 del Decreto 1728 de 2002, el Ministerio del Medio Ambiente otorgará de manera privativa la licencia ambiental en los proyectos de explotación minera, así:

- Proyecto de explotación minera de carbón: cuando la explotación sea mayor o igual a 800.000 ton/año.

- Proyectos de explotación minera para materiales de construcción: cuando la explotación del mineral sea mayor o igual a 600.000 ton/año.
- Proyectos de explotación minera para metales y piedras preciosas: cuando la explotación de material removido sea mayor o igual a 2.000.000 ton/año.
- Proyecto de explotación minera de otros minerales: cuando la explotación de mineral sea mayor o igual a 1.000.000 ton/año.

De acuerdo con el artículo 52, numeral 2º, de la Ley 99 de 1993 en concordancia con el artículo 9 del Decreto 1728 de 2002, las Corporaciones Autónomas Regionales y Los Grandes Centros Urbanos serán competentes en sus respectivas jurisdicciones, para otorgar licencia ambiental para la ejecución

de proyectos mineros de explotación de la siguiente manera:

- a. Proyecto de explotación minera de carbón: cuando la explotación sea menor a 800.000 ton/año.
- b. Proyectos de explotación minera para materiales de construcción: cuando la explotación del mineral sea menor a 600.000 ton/año.
- c. Proyectos de explotación minera para metales y piedras preciosas: cuando la explotación de material removido sea menor a 2.000.000 ton/año.
- d. Proyecto de explotación minera de otros minerales: cuando la explotación de mineral sea menor a 1.000.000 ton/año.

### 3.2.6 Normas Ambientales Generales

En este aparte se presentan las principales normas ambientales a nivel nacional relacionadas con el manejo y conservación de los recursos naturales y del medio ambiente.

- *Normatividad sobre participación comunitaria y patrimonio cultural*
- *Ley 21 de 1991.* Aprueba el Convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes. Adoptado por la OIT en 1989.
- *Ley 70 de 1993.* Protección de la identidad cultural y derechos de las comunidades negras de Colombia.
- *Ley 134 de 1994.* Participación ciudadana.
- *Decreto 1371 de 1994.* Comisión consultiva de alto nivel de que trata el artículo 45 de la Ley 70 de 1993.
- *Decreto 1745 de 1995.* Titulación de tierras de comunidades negras.
- *Decreto 1277 de 1996.* Zonas de reservas campesinas.

- *Decreto 1397 de 1996.* Crea la Comisión nacional de territorios indígenas y la mesa permanente de concertación con los pueblos y organizaciones indígenas.
- *Ley 397 de 1997.* Ley General de la Cultura. Área de protección arqueológica en la licencia ambiental.
- *Ley 393 de 1998.* Acción de cumplimiento
- *Ley 472 de 1998.* Acciones populares y de grupo.
- *Decreto 1320 de 1998.* Reglamenta consultas previas a comunidades indígenas y negras.
- *Decreto 1818 de 1998.* Estatutos de mecanismos alternativos de solución de conflictos.
- *Decreto 2001 de 1998.* Constitución de resguardos indígenas.

- *Normatividad sobre patrimonio natural y monumentos nacionales*

- *Decreto Ley 2811 de 1974 Parte XII.* Respecto a los recursos del paisaje y su protección
- *Decreto 1715 de 1978.* Reglamenta la protección del paisaje en carreteras. Prohíbe la alteración de elementos del paisaje.
- *Decreto 3048 de 1997.* Consejo de monumentos nacionales

- *Normatividad sobre flora silvestre y bosques*

- *Ley 2 de 1959.* Reserva forestal y protección de suelos y agua.
- *Decreto 2811 de 1974 Libro II, Parte VIII.* De los bosques, de las áreas de reserva forestal y de los aprovechamientos forestales.
- *Decreto 877 de 1976.* Usos del recurso forestal. Áreas de reservas forestales.
- *Decreto 622 de 1977.* Sobre Parques Nacionales Naturales PNN.
- *Ley 29 de 1986.* Regula áreas de reserva forestal protectora.

- *Decreto 1667 de 2002.* Inclusión de humedales en la lista de humedales de importancia internacional.
- *Resolución 868 de 1983.* Sobre tasas de aprovechamiento forestal.
- *Ley 299 de 1995.* Por la cual se protege la flora colombiana.
- *Decreto 1791 de 1996.* Régimen de aprovechamiento forestal y acuerdos regionales con este fin.
- *Documento Conpes 2834 de 1996.* Política de bosques.
- *Resoluciones del Ministerio del Medio Ambiente (INDERENA) y Corporaciones Autónomas Regionales.* Establecen vedas de varias especies vegetales a nivel nacional (INDERENA o Ministerio del Medio Ambiente), y regional (Corporaciones Autónomas Regionales).
- *Resolución 0316 de 1974.* Veda indefinida de las especies vegetales: pino colombiano, hojarasco, molinillo, caparrapí y roble.
- *Resolución 213 de 1977.* Veda total de líquenes y quiches.
- *Resolución 0801 de 1977.* Veda permanente de helechos arborescentes.
- *Resolución 0463 de 1982.* Veda parcial de la especie vegetal Vara de la Costa Pacífica.
- *Manglares.* Se dictan medidas para proteger y conservar las áreas de manglar.
- *Resolución 1602 de 1995.* Aclara 1602-95. Establece PMA para aprovechamiento del manglar.
- *Resolución 020 de 1996.* Establece condiciones básicas de sustentabilidad del ecosistema y zonas circunvecinas.
- *Resolución 257 de 1977.* Manejo y control de recursos hidrobiológicos y del medio ambiente.
- *Decreto 1681 de 1978.*
- *Resolución 769 de 2002.* Por la cual se dictan disposiciones para contribuir a la protección y conservación de los páramos.
- *Normatividad sobre fauna silvestre y caza*
  - *Decreto Ley 2811 de 1974 Parte IX.* Protección y conservación de fauna silvestre.
  - *Decreto Ley 1608 de 1978.* Veda de especies faunísticas. Regula la preservación, conservación, restauración y fomento de la fauna silvestre. Existen más de 30 resoluciones donde se establecen vedas, prohibiciones y restricciones al ejercicio de la caza.
  - *Ley 84 de 1989.* Adopta el Estatuto nacional de protección de los animales.
- *Normatividad sobre el recurso suelo*
  - *Decreto 2811 de 1974 parte VII.* Del suelo agrícola y de los usos no agrícolas de la tierra.
  - *Decreto Reglamentario 2462 de 1989.* Sobre explotación de materiales de construcción.
  - *Resolución 222 de 1994.* Áreas compatibles para explotaciones mineras de materiales de construcción en la Sabana de Bogotá.
  - *Resoluciones 1277 de 1996 y 803 de 1999.* Modificatorias de la Resolución 222 de 1994.
  - *Ley 388 de 1997, Art. 33.* Ordenamiento territorial. Reglamenta los usos del suelo.
- *Normatividad sobre el recurso atmosférico*
  - *Decreto 2811 de 1974.* Código de recursos naturales y del medio ambiente. Art. 33, 192, 193 Control de ruido en obras de infraestructura.
  - *Ley 09 de 1979.* Código sanitario nacional
  - *Decreto 02 de 1982.* Reglamenta título I de la Ley 09-79 y el decreto 2811-74. Disposiciones sanitarias sobre emisiones atmosféricas. Art. 7 a 9 Definiciones y normas generales. Art.73 Obligación del Estado de mantener la calidad atmosférica para no causar mo-

lestias o daños que interfieran el desarrollo normal de especies y afecten los recursos naturales.

Art. 74 Prohibiciones y restricciones a la descarga de material particulado, gases y vapores a la atmósfera.

Art. 75 Prevención de la contaminación atmosférica.

- *Ley 99 de 1993*. Creación del SINA. Se dictan disposiciones en materia ambiental.
- Art. 5 Funciones del Ministerio del Medio Ambiente para establecer normas de prevención y control del deterioro ambiental.
- *Decreto 948 de 1995*. Normas para la protección y control de la calidad del aire.
- *Resolución 1351 de 1995*. Se adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones-IE1.
- *Resolución 005 de 1996*. Reglamenta niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles.
- *Resolución 909 de 1996*. Modifica la Resolución 005 de 1996 sobre niveles permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles.
- *Resolución 898 de 1995*. Criterios ambientales de calidad de combustibles líquidos y sólidos.
- *Resolución 8321 de 1983*. Ruido.
- *Resolución 623 de 1998*. Modifica parcialmente la Resolución 898 de 1995.
- *Decreto 1552 de 2000*. Tubos de Escape.
- *Resolución 619 de 1997*. Permisos de emisiones atmosféricas para fuentes fijas.
- *Resolución 1048 de 1999*. Niveles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres o diesel en condición de prueba dinámica a partir de 2001.
- *Resolución 304 de 2001*. Se adoptan medidas para la importación de sustancias agotadoras de la capa de ozono.
- *Resolución 907 de 2001*. Requisitos, condi-

ciones y límites máximos permisibles de emisión para eliminación de plásticos contaminados con plaguicidas en hornos cementeros.

- *Resolución 458 de 2002*. Eliminación de tierras contaminadas con plaguicidas en hornos cementeros.
- *Resolución 0058 de 2002*. Emisiones para incinerados y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.

• *Normatividad sobre el recurso hídrico*

- *Decreto 2811 de 1974, libro II parte III*. Art. 77 a 78 Clasificación de aguas. Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces. Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua. Art. 134 a 138: Prevención y control de contaminación. Art. 149: aguas subterráneas. Art. 155: Administración de aguas y cauces.
- *Decreto 1449 de 1977*. Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática.
- *Decreto 1541 de 1978*. Aguas continentales: Art. 44 a 53 Características de las concesiones, Art. 54 a 66 Procedimientos para otorgar concesiones de agua superficiales y subterráneas, Art. 87 a 97: Ocupación de Cauces, Art. 104 a 106: Ocupación de cauces y permiso de ocupación de cauces, Art. 211 a 219: Control de vertimientos, Art. 220 a 224: Vertimiento por uso doméstico y municipal, Art. 226 a 230: Vertimiento por uso industrial, Art. 231: Reglamentación de vertimientos.
- *Decreto 1681 de 1978*. Sobre recursos hidrobiológicos.
- *Ley 09 de 1979*. Código Sanitario Nacional. Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano. Art. 55 aguas superficiales. Art. 69 a 79: potabilización de agua.

- *Decreto 2858 de 1981.* Modifica el Decreto 1541 de 1978.
- *Decreto 2105 de 1983.* Reglamenta parcialmente la Ley 09 de 1979 sobre potabilización y suministro de agua para consumo humano.
- *Decreto 1594 de 1984.* Normas de vertimientos de residuos líquidos. Art. 1 a 21 Definiciones. Art. 22-23 Ordenamiento del recurso agua. Art. 29 Usos del agua. Art. 37 a 50 Criterios de calidad de agua. Art. 60 a 71 Vertimiento de residuos líquidos. Art. 72 a 97 Normas de vertimientos. Art. 155 procedimiento para toma y análisis de muestras.
- *Decreto 79 de 1986.* Conservación y protección del recurso agua.
- *Ley 99 de 1993.* Art. 10,11,24,29: Prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.
- *CONPES 1750 de 1995.* Políticas de manejo de las aguas.
- *Decreto 605 de 1996.* Reglamenta los procedimientos de potabilización y suministro de agua para consumo humano.
- *Decreto 901 de 1997.* Tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a cuerpos de agua.
- *Ley 373 de 1997.* Uso eficiente y ahorro del agua.
- *Decreto 3102 de 1998.* Instalación de equipos de bajo consumo de agua.
- *Decreto 475 de 1998.* Algunas normas técnicas de calidad de agua.
- *Decreto 1311 de 1998.* Reglamenta el literal G del artículo 11 de la ley 373 de 1997
- *Resolución 0081 de 2001.* Formulario información sobre tasas retributivas y estado de los recursos.
- *Decreto 1729 de 2002.* Cuencas Hidrográficas.
- *Normatividad sobre residuos sólidos*
  - *Ley 09 de 1979.* Medidas sanitarias sobre manejo de residuos sólidos.
  - *Resolución 2309 de 1986.* Define los residuos especiales, los criterios de identificación, tratamiento y registro. Establece planes de cumplimiento vigilancia y seguridad.
  - *Resolución 541 de 1994.* Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, concreto y agregados sueltos de construcción.
  - *Ley 142 de 1994.* Dicta el régimen de servicios públicos domiciliarios.
  - *Documento CONPES 2750 de 1994.* Políticas sobre manejo de residuos sólidos.
  - *Resolución 0189 de 1994.* Regulación para impedir la entrada de residuos peligrosos al territorio nacional.
  - *Ley 430 de 1998.* Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
  - *Decreto 1713 de 2002.* Por el cual se reglamenta, entre otras, la Ley 99 de 1993, en relación con la gestión integral de residuos sólidos.
- *Normatividad sobre la administración de riesgos y prevención de desastres*
  - *Ley 09 de 1979.* Código sanitario nacional
  - *Resolución 2400 de 1979 Ministerio de Trabajo.* Por el cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, Higiene y seguridad en el trabajo.
  - *Ley 09 de 1979 artículo 491.* Atención en salud para personas afectadas por catástrofes.
  - *Decreto 3989 de 1982.* Conformar comités de emergencia en el ámbito nacional



- *Ley 46 de 1988.* Sistema Nacional de Prevención y Atención de Emergencias.
- *Decreto 2044 de 1988.* Acarreo de productos especiales. Disposición sobre el acarreo de productos especiales, en vehículos de servicio público, para empresas de transporte de carga por carretera.
- *Decreto 919 de 1989.* Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
- *Directiva Presidencial 33 de 1989.* Responsabilidades de los organismos y entidades descentralizadas del orden nacional del sector público, en el desarrollo y operación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
- *Ley 09 de 1989.* Ley de Reforma urbana que define zonas de riesgo.
- *Ley 99 de 1993: artículos 1, 5, 7, 9 y 12.* Crea el Ministerio del Medio Ambiente y la estructura del Sistema Nacional Ambiental. Directamente relacionados con prevención de desastres.
- *Decreto 1319 de 1994.* Reglamenta la expedición de licencias de construcción, urbanización y parcelación. Cumplimiento de Ley 1400/84.
- *Ley 115 de 1994 Artículo 5 Numeral 10.* Ley general de educación, adquisición de conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y prevención de desastres.
- *Resolución 541 de 1994.* Ministerio del Medio Ambiente, por medio del cual se regula el cargue, descargue, almacenamiento, etc., de productos de construcción.
- *Decreto 969 de 1995.* Crea la Red nacional de reservas para el caso de desastres.
- *Ley 388 de 1997, Artículo 14.* Formulación de planes para el ordenamiento territorial.
- *Decreto 879 de 1998, Artículo 11.* Reglamentación de planes de ordenamiento territorial.
- *Decreto 321 de 1999.* Por el cual se adopta el plan nacional de contingencias contra derrame e hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.
- *Decreto 48 de 2001.* Planificación Ambiental Regional
- *Legislación internacional adoptada por Colombia*
  - Convenio para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural. París, 1972.
  - Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas: fauna y flora silvestre. Washington, 1973.
  - Convenio sobre la diversidad biológica. Río de Janeiro, 1992.
  - Convenio relativo a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas - RAMSAR (acogido por Colombia en 1997).
  - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático -Ley 164 de 1995.
  - Protocolo de Kioto - Ley 629 de 2000.

**Nota:** El listado de normas mineras y ambientales es meramente enunciativo, destacando las normas que usualmente se utilizan en el sector minero.

## CME 4

## Normas Técnicas Geológicas, Mineras y Ambientales

Las normas técnicas colombianas e internacionales son de carácter voluntario y referencian estándares para realizar un mejor proceso de gestión geológica, minera y ambiental. Sirven de complemento a los términos de referencia y a la orientación presentada en esta guía. A continuación se citan algunas de ellas, separando la parte ambiental de la minera.

Normas Técnicas del ICONTEC (Colombia) y serie ISO (Organización Internacional de Normalización) de interés para la gestión y manejo ambiental minero:

- *Gestión Ambiental*

- *NTC-ISO 14001*. Sistema de Administración Ambiental. Especificaciones con guía de uso.
- *NTC-ISO 14031*. Evaluación del Desempeño Ambiental. Directrices.
- *NTC-ISO-14004*. Sistema de Administración Ambiental. Directrices Generales sobre principios, sistemas y técnicas de apoyo.
- *NTC-ISO-14010*. Directrices para la Auditoría Ambiental. Principios generales.

- *NTC-ISO-14011*. Directrices para la Auditoría Ambiental. Procedimientos. Auditorías de sistemas de Administración Ambiental.
- *NTC-ISO-14012*. Directrices para la Auditoría Ambiental. Criterios de calificación.
- *ISO-14014-14015*. Auditorías ambientales: Investigaciones y registros de apoyo.
- *ISO-14020-14024*. Ecoetiquetado Ambiental.
- *ISO-14041-14044*. Análisis de los ciclos de vida.
- *ISO-14060*. Aspectos ambientales de productos estándares.

- *Residuos Sólidos*

- *GTC- 24/GTC- 35*. Residuos Sólidos. Guía para la separación.

- *Calidad del Aire*

- *NTC-3662*. Aire, recolección y medición de partículas de polvo sedimentable TSP.
- *NTC-4787*. Manejo de datos, temperatura, presión y humedad. Datos meteorológicos.

- GTC-39. Planeación del monitoreo para evaluar la calidad del aire ambiente.
- NTC-3400. Determinación del índice de polución de un gas ácido en el aire.
- NTC-3704/ NTC-4251. Determinación de la concentración de partículas suspendidas en el aire ambiente.
- GTC-59. Guía metodológica para la selección y aplicación de modelos de contaminantes atmosféricos.
- *Calidad del Suelo*
  - NTC-3656. Toma del suelo para determinar contaminación.
  - NTC-3934. Determinación de Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mn, Ni, Zn.
  - NTC-4508/NTC-4509/NTC-4510. Efectos de productos químicos sobre la germinación y el crecimiento de plantas superiores.
- *Calidad del Agua*
  - GTC-2. Métodos Analíticos para el Control de Calidad del Agua .
  - NTC-3362. Determinación del contenido de aceites y grasas.
  - NTC-3629. Determinación de la DQO.
  - NTC-3630. Determinación del contenido de sulfuros .
  - NTC-4567. Determinación de la DBO.
  - NTC-897. Determinación de sólidos.
  - NTC-4705. Determinación del contenido de oxígeno disuelto.
  - NTC-4706. Determinación de la dureza.
  - NTC-4707. Determinación de la turbiedad.
  - NTC-4708. Determinación del contenido de sulfatos.
  - NTC-4716. Determinación del contenido de metales.
  - NTC-3645. Determinación de la temperatura.
  - NTC-3651. Determinación del pH.
  - NTC-3903. Determinación de la coagulación y floculación del agua.
  - NTC-4111-1. Determinación del contenido de surfactantes aniónicos.
  - NTC-4111-2. Determinación del contenido de surfactantes no iónicos.
  - NTC-4754. Determinación del contenido de Fe.
  - NTC-4759. Determinación del contenido de Mn.
  - NTC-4124-1. Determinación del contenido de Na y K.
  - NTC-4180. Determinación del contenido de Ca y Mg.
  - NTC-4181. Determinación del contenido de Cr.
  - NTC-4254. Determinación del contenido de Co, Ni, Zn, Cd, Pb.
  - NTC-4394-1/-2/-3/-4. Determinación del contenido de cianuros.
  - NTC-4582. Determinación de los compuestos fenólicos en el agua.
  - NTC-4893. Determinación del contenido de fluoruros.
  - NTC-4770. Determinación del olor.
  - NTC-4782. Determinación del contenido de nitritos (NO<sub>2</sub>).
  - NTC-4844. Determinación de cloruros
  - NTC-4797. Determinación del contenido de plata.
  - NTC-4785. Determinación del contenido de aluminio.
  - NTC-4784. Determinación del contenido de mercurio.
  - NTC-4798. Determinación del contenido de nitratos.
  - NTC-4803. Determinación del contenido de acidez y alcalinidad.
  - NTC-4798. Determinación del contenido de nitratos (NO<sub>2</sub>).



- *Metrología y Mediciones*

- NTC-1000. Metrología. Sistema internacional de unidades.
- NTC-4098. Instrumentos de medición de longitud.
- NTC-2031. Instrumentos de pesaje.
- NTC-2508. Frecuencias normales para utilizar en mediciones.
- NTC-2804. Equipo indicador y regulador de temperatura.
- NTC-4597. Equipo para medidores de energía eléctrica.

- *Seguridad Ocupacional*

- NTC-01/ NTC-3793/ SAS-18001. Sistemas de gestión en seguridad y salud ocupacional.
- GTC-45. Guía para el diagnóstico de condiciones de trabajo o panorama de factores de riesgo, su identificación y valoración.
- NTC-3720. Capacitación profesional.
- NTC-3321. Determinación de la exposición al ruido ocupacional y estimación del deterioro de la audición inducido por el ruido.
- NTC-3521. Descripción y medición del ruido ambiental, aplicación de los límites de ruido.
- NTC-1523. Cascos de seguridad industrial.
- NTC-2915. Protectores auditivos.
- NTC-3521. Caretas y protectores faciales.
- NTC-3521. Cascos con lámparas para uso en minería relacionados con el riesgo de explosiones parónimas que generan grisú.
- NTC-3521. Equipos de protección respiratoria contra gases tóxicos.
- NTC-3521. Guantes de caucho para uso industrial.
- NTC-3521. Calzado de trabajo y seguridad.

- *Componentes para Uso General*

- NTC-274. Tanques de almacenamiento.
- NTC-3458. Identificación de tuberías y servicios.
- NTC-3292. Acondicionadores de aire para recintos.

Existen otros documentos técnicos nacionales e internacionales de interés para el desarrollo de un proyecto minero. Algunos de ellos son:

Normas técnicas geológicas y mineras:

- *Base Topográfica*

- NTC-4061/ NTC-4062 Cartografía general.
- NTC 1000 INCONTEC Metrología. Sistema internacional de unidades.
- NTC 4098 INCONTEC Instrucción de medición de longitud.

- *Muestreo, Análisis y Clasificación de Recursos y Reservas*

- *Normas Generales para Muestreo y Análisis de Carbón*. Procedimiento sobre muestreo y análisis de laboratorio. Sistema de clasificación de recursos y reservas de carbón.
- *Marco Internacional de las Naciones Unidas. 1988*. Clasificación de reservas y recursos para combustibles sólidos y sustancias minerales.
- *American Society for Testing and Materials 2000*. Annual book of ASTM standards.
- *U.S. Geological Survey, 1976*. Geological Survey Bull. 1450-B
- NTC-1495/NTC-1503/NTC-1504/NTC-1522/NTC-1527/NTC-1528/NTC-1667/NTC-1886/NTC-1917/NTC-1936/NTC-

- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1967/NTC-1974/NTC-2041/ NTC-2121/   | - NTC-1361. Roca fosfórica.        |
| NTC-2122/NTC-4630. Suelo: terreno   | - NTC-2401. Arcilla.               |
| - GTC-46. Esmeraldas.               | - NTC-1676/NTC-1824/NTC-1859/ NTC- |
| - NTC-296/NTC-1423/NTC-1447/NTC-    | 1872/NTC-1969/ NTC-2018/ NTC-2075/ |
| 1480/NTC-1691/NTC-1881/NTC-1882/    | NTC-2103/NTC-2128/NTC-2347/NTC-    |
| NTC-2004/NTC-2005/NTC-2006/NTC-     | 2391/NTC-2392/NTC-2480/NTC-2713/   |
| 2017/NTC-2435/NTC-3695. Material de | NTC-2714/NTC-2760/NTC-2967/NTC-    |
| construcción.                       | 3268/NTC-3361/NTC-3448/NTC-3449/   |
| - NTC-163. Calizas.                 | NTC-3484/NTC-3485/NTC-4125/NTC-    |
| - NTC-127. Arenas.                  | 4196/NTC-4273/NTC-4467/NTC-4682.   |
| - NTC-603. Sal mineralizada.        | Carbón.                            |

## CME 5

# Construcción, Montaje y Obras y Trabajos de Explotación

Delimitada definitivamente el área contratada para los trabajos y obras de explotación, más las obras estrictamente necesarias para el beneficio, transporte interno, servicios de apoyo y obras de carácter ambiental, y aprobados el Programa de Trabajos y Obras y el Estudio de Impacto Ambiental, se iniciarán los Trabajos de Construcción y Montaje Minero.

El período de Construcción y Montaje comenzará una vez se termine la exploración y tendrá una duración de tres (3) años. Sin embargo el concesionario, sin perjuicio de su obligación de iniciar oportunamente la explotación definitiva, podrá realizar en forma anticipada, la extracción, beneficio, transporte y comercialización de los minerales en la cantidad y calidad que le permitan la infraestructura y montajes provisionales o incipientes de que disponga. Para el efecto dará aviso previo y escrito a la autoridad concedente, de acuerdo con un Programa de Trabajos y Obras de explotación provisional y anticipada.

Las obras de construcción son aquellas obras de infraestructura indispensables para

el funcionamiento normal de las labores de apoyo y de administración de la empresa minera y las que se requieran para ejercitar las servidumbres necesarias del proyecto minero.

El periodo de explotación comercial de un contrato se inicia formalmente al vencimiento del periodo de Construcción y Montaje, del cual el concesionario dará aviso por escrito a las autoridades mineras y ambientales. Esta fecha de iniciación se tendrá en cuenta como inicio contractual de la explotación.

El concesionario, de acuerdo con las características técnicas del yacimiento y evaluados los Trabajos de Exploración (LTE), definirá su sistema de explotación. Durante el periodo de explotación el concesionario minero deberá llevar registros e inventarios actualizados de producción en boca de mina y en sitios de acopio. En las figuras 5.1 y 5.2 se muestran e ilustran los sistemas y métodos de explotación y las principales actividades asociadas.

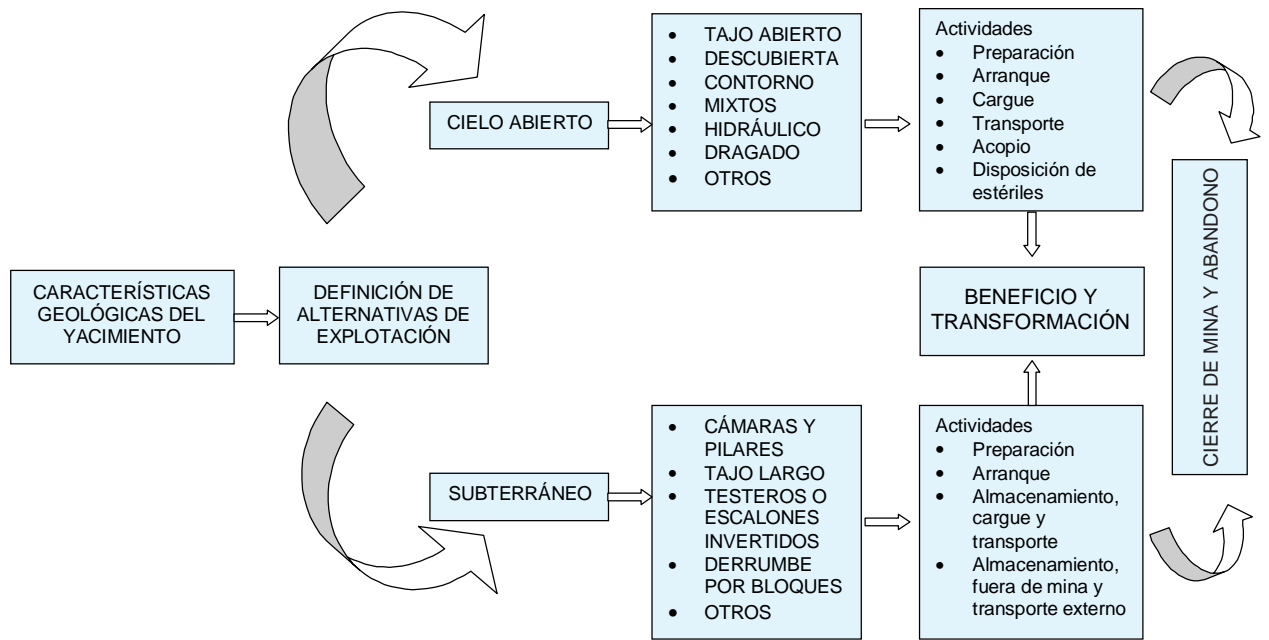


Figura. 5.1 Sistemas y métodos de explotación

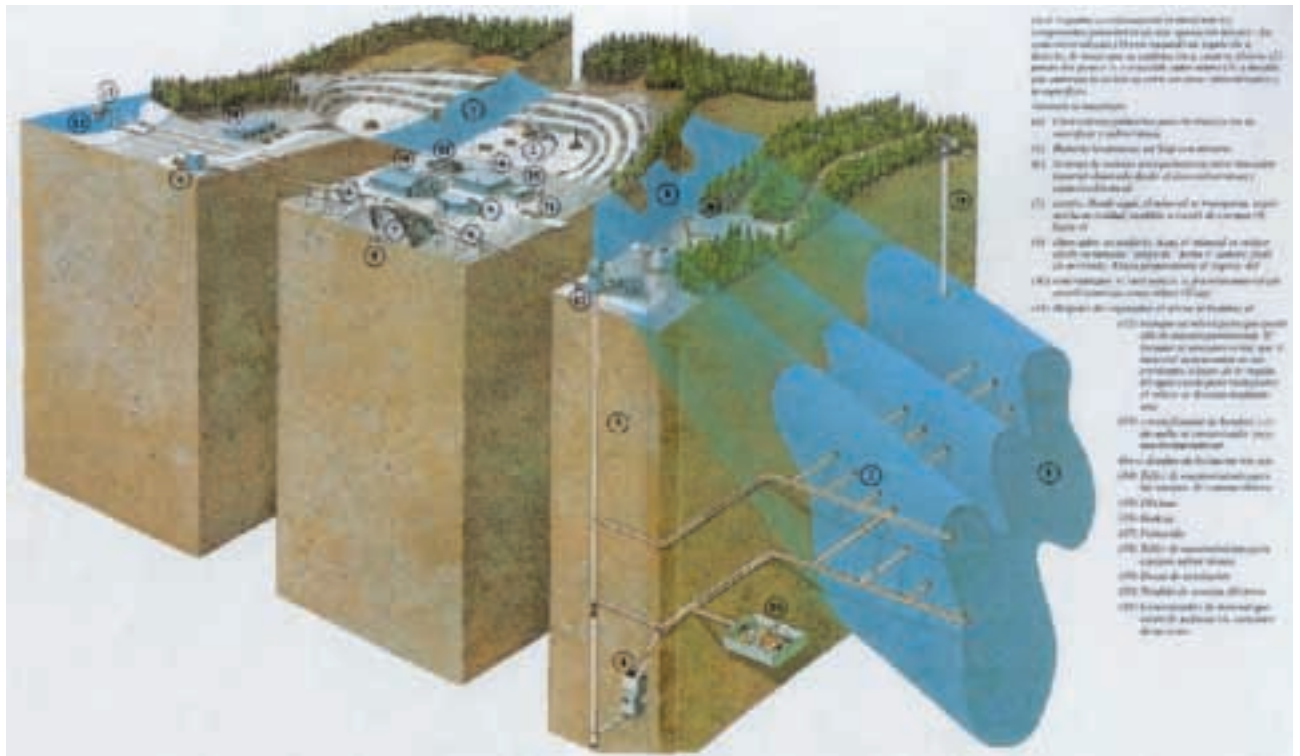


Figura 5.2 Bloque diagrama de explotación a cielo abierto y subterráneo. Fuente: Placer DOME INC- Proceso de Desarrollo de una Mina.

## 5.1 Construcción y Montaje Minero

### 5.1.1 Acciones Generales de las Obras de Construcción y Montaje

#### A. Ajuste de los diseños del PTO

Una vez aprobado el Programa de Trabajos y Obras, el concesionario deberá realizar una planeación específica sobre las actividades a realizar dentro del proyecto minero a corto, mediano y largo plazo. Igualmente sobre las construcciones e instalaciones de apoyo para el desarrollo de la operación minera con el menor impacto ambiental, evitando afectar zonas ecológicamente sensibles. Para el efecto deberá tener en cuenta la ficha CME – 07 - 01. En caso de cambios y/o adiciones a los diseños del PTO, el concesionario deberá informar previamente a las autoridades minera y ambiental competente.

#### B. Apertura y desarrollo de frentes mineros y obras de infraestructura para beneficio y transformación

Consiste en la preparación, implementación y puesta en marcha de las obras

indispensables para llevar a cabo la extracción y captación de los minerales, su acopio, su transporte interno y su beneficio.

Conformar los frentes mineros de acuerdo a las características del yacimiento y a la sensibilidad ambiental del área de trabajo, y establecer las estructuras y diseños básicos que permitan asegurar la estabilidad y condiciones de seguridad de la operación extractiva.

#### C. Obras civiles y de infraestructura

Son aquellas obras necesarias para el funcionamiento normal de las labores de apoyo y administración de la operación minera, estas obras estarán acordes con la magnitud del proyecto minero y con las restricciones de carácter ambiental.

#### A. AJUSTE DE LOS DISEÑOS DEL PROGRAMA DE TRABAJOS Y OBRAS (PTO)

- *Ubicación y delimitación de los frentes mineros*

Es el trazado final del frente inicial de explotación, para lo cual es necesario realizar el levantamiento topográfico detallado del área.

- *Programa de reservas explotables y análisis de sensibilidad de la mina*

Definido el modelo geológico del yacimiento y cuantificadas las reservas probadas y explotables, se planifican los volúmenes a extraer de acuerdo a los valores económicos, financieros y de mercado, para lo cual se elabora un cronograma de producción a corto, mediano y largo plazo.

- *Requerimientos de producción*

Establecidos los requerimientos de mano de obra calificada y no calificada, con base en la magnitud del proyecto, el concesionario deberá identificar la oferta de personal dentro del área de influencia del proyecto minero, cumpliendo en lo posible con los porcentajes de participación establecidos por la Ley, mediante la elaboración de programas de capacitación en los diferentes temas.

- *Necesidades de maquinaria y equipo*

Con base en la magnitud del proyecto, al método de explotación a emplear, a los programas de producción y a la sensibilidad ambiental establecida, se seleccionará la maquinaria y equipo requerido en cada una de las actividades y operaciones unitarias que garanticen el normal desarrollo de la actividad minera, con el menor impacto ambiental.

- *Obras de infraestructura*

Definidas las necesidades de maquinaria y equipo y de personal requeridos en el proyecto minero, se establecen las características de las obras civiles de infraestructura y de servicios básicos necesarios que garanticen el bienestar, la seguridad y la higiene del personal vinculado, y del desarrollo de la operación minera con el menor impacto ambiental.

- *Análisis de costos e inversión*

Ajustar la evaluación económica y financiera con base en los ingresos y egresos a partir de planes de producción a un período definido.

## B. APERTURA Y DESARROLLO DE FRENTES MINEROS Y OBRAS DE INFRAESTRUCTURA PARA BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN

- *Frentes mineros*

Es la construcción, montaje e implementación de las actividades y obras indispensables para la puesta en marcha de la explotación. Depende en gran medida de las características geológicas del yacimiento y del entorno ambiental del área de influencia. Según el sistema de explotación minera a emplear, se revisan los siguientes aspectos:

- *Cielo abierto:*  
Descapote (suelo, material aluvial)  
Estabilidad de taludes  
Altura y ángulos de bancos  
Longitud de bancos  
Trazado de vías y bermas  
Patio de almacenamiento de mineral  
Disposición de estéril (escombrera)
- *Subterráneo:*  
Cruzadas y guías  
Tambores  
Pozos  
Inclinados  
Nivel de transporte, drenaje y ventilación  
Patio de almacenamiento de mineral  
Disposición de estéril (escombrera)

- *Beneficio y Transformación*

La infraestructura para el beneficio y transformación de minerales incluye entre otras:

- Construcción de edificaciones



- Patios de acopio
- Construcción y adecuación de vías de acceso
- Silos y despacho de mineral

El montaje mecánico y electromecánico de equipos incluye:

- Líneas eléctricas y de transmisión
- Subestaciones eléctricas
- Montajes especiales

La puesta en marcha incluye todas las actividades necesarias para iniciar la operación de las máquinas y equipos e integrarlas unitariamente en un proceso de producción.

### C. OBRAS CIVILES Y DE INFRAESTRUCTURA

- *Infraestructura de transporte*
  - Vías terrestres
  - Banda transportadora
  - Vías férreas
  - Ductos mineros
  - Cable aéreo
  - Transporte fluvial
  - Otros
- *Obras civiles*
  - Obras administrativas (casinos, campamento, oficinas)
  - Talleres
  - Polvorín
  - Infraestructura de servicios (Agua, Luz, Comunicaciones)
  - Bodegas
  - Otros

Si el concesionario decide iniciar una explotación anticipada durante la etapa de Construcción y Montaje, podrá utilizar las obras, instalaciones y equipos provisionales. Para tal efecto, deberá presentar un Programa de Trabajos y Obras anticipado y su respectivo Estudio de Impacto Ambiental, una descripción abreviada de los montajes a utilizar y deberá dar aviso a las autoridades competentes de la iniciación de dicha explotación. Todo lo anterior sin perjuicio de tener oportunamente establecidas las obras e instalaciones definitivas.

## 5.2 Obras y Trabajos de Explotación a Cielo Abierto

La minería a cielo abierto consiste en la extracción por separado de la totalidad de la sustancia mineral y estéril que se encuentra en el depósito, hasta una profundidad determinada por las condiciones propias del yacimiento. Esencialmente es una excavación abierta al aire para extraer el recurso mineral del subsuelo.

Este sistema se emplea cuando la relación entre el volumen de estéril y mineral (toneladas, onzas troy,  $mt^3$ , relación de descapote) permita una explotación económicamente rentable. Esta minería ofrece, entre otras ventajas, un mayor grado de mecanización, seguridad y mayores volúmenes de extracción que la minería subterránea.

### 5.2.1 Métodos de Explotación

Existe un sinnúmero de métodos de explotación a cielo abierto que se pueden clasificar en cuatro grandes grupos, teniendo en cuen-



ta, los más utilizados en el país: Tajo Abierto (Open Pit), Minería de Cajón o Descubiertas (Strip-mining), Minería de Contorno (Contour Mining) y Métodos Mixtos o Especiales. A continuación se hace una descripción general de éstos y sus principales características.

- *Tajo abierto*

Es el método mas avanzado técnicamente. Se caracteriza por mover grandes volúmenes de material estéril. El diseño comprende una serie de bancos de extracción ubicados en el macizo rocoso o mineralizado, que por su buzamiento obligan a una profundización de la excavación. Los materiales estériles pueden ser dispuestos en la parte externa o interna del tajo.

Estas explotaciones pueden realizarse de manera longitudinal, transversal o mixta.

*Características:*

- Extracción del estéril con voladura o medios mecánicos
- Conjunto de capas con espesores variables.
- Valores mínimos de corte
- Minerales marginales
- Capas con inclinaciones superiores a 20°
- Capacidad portante de la roca.

Principalmente aplicable a:

- Materiales de construcción
- Metálicos como: hierro, cobre, plomo, zinc, níquel
- Energético como carbón

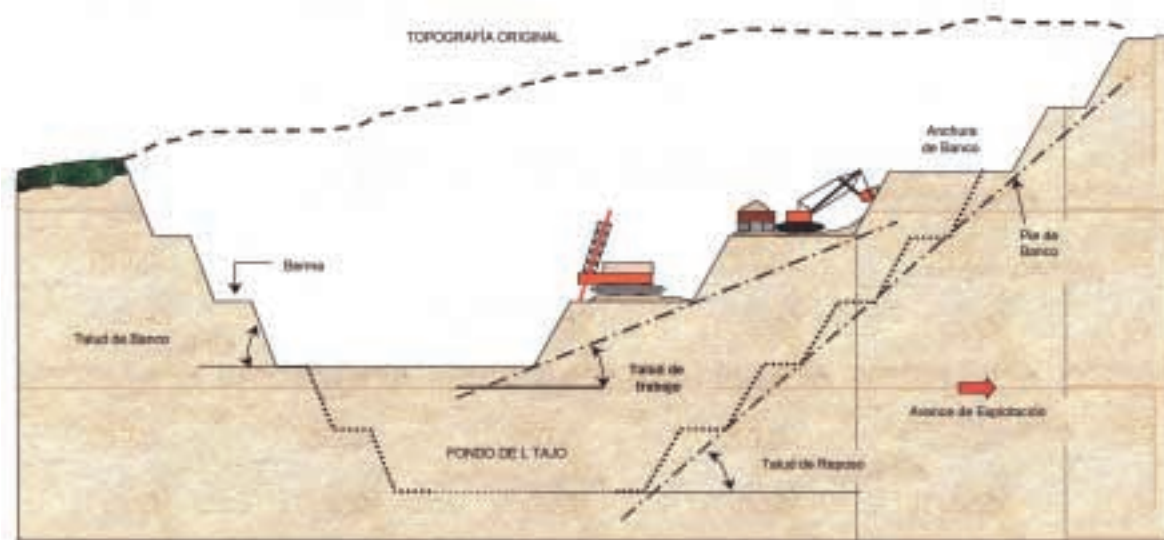


Figura. 5.3 Método de Explotación o Tajo Abierto

Fuente: Adaptado de Introducción a la Geología y minería al Carbón para Ingenieros

• *Minería de cajón o descubiertas*

Aplicable principalmente a yacimientos sedimentarios, de capas con bajos buzamientos y poco espesor, altas relaciones de descapote, en las que se permite el manejo de dos bancos uno superior de estéril y el otro que comprende el espesor del cuerpo mineral.

Su característica principal está en el aprovechamiento de la excavación como vertedero del material estéril removido en el primer ciclo. Se distinguen dos métodos principales dependiendo del tipo de maquinaria a emplear:

- El método alemán emplea retroexcavadoras y rotopalas

- El método americano emplea de excavadoras y dragalinas.

*Características:*

- Buzamiento menor a  $10^\circ$  o casi horizontales
- Grandes reservas
- Rocas blandas de cobertera
- Alta relación de descapote
- Pocas capas y potentes
- Uno o dos bancos
- Posibilidades de implementación de tecnología de gran capacidad

Principalmente aplicable a:

- Carbones - lignitos
- Bauxitas
- Rocas fosfóricas

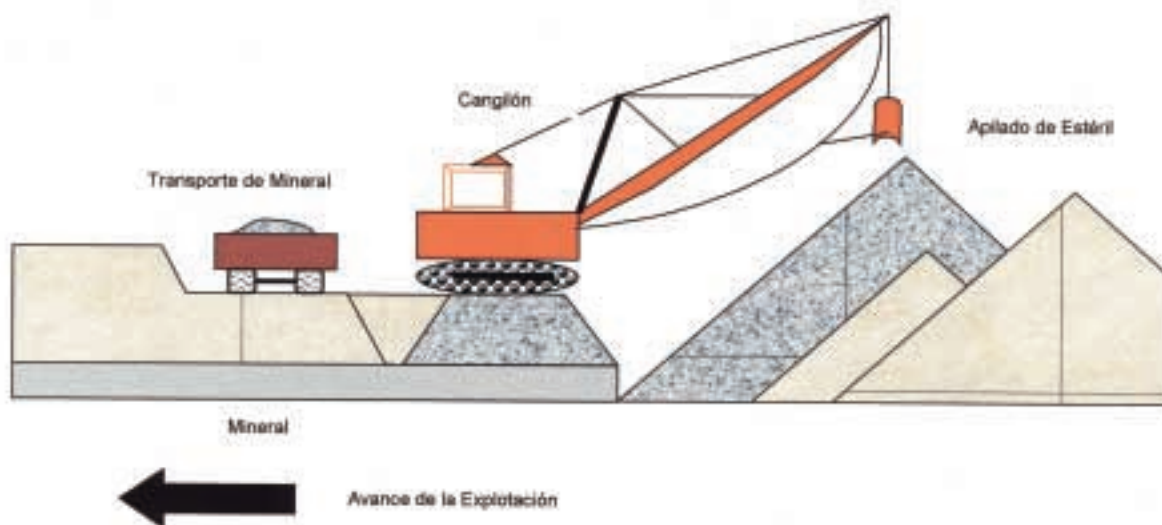


Figura. 5.4 Minería de Cajón o Descubiertas

Fuente: Adaptado de Introducción a la Geología y minería al Carbón para Ingenieros

- *Minería de contorno*

Consiste en excavar una trinchera abierta a lo largo de toda la longitud del afloramiento. El estéril removido se deposita sobre la ladera. Para el movimiento del estéril se emplea bulldozer con ripper, el cual empuja directamente este material. En algunas ocasiones se fragmenta el material con explosivos. Los equipos más frecuentemente empleados son:

- Palas hidráulicas
- Retroexcavadoras
- Bulldozer

- Camiones
- Cargador

*Características:*

- Económico y sencillo en pequeños yacimientos
- Requiere poco tiempo de preparación y poco personal

Es aplicable a:

- Carbón lignitos
- Bauxitas
- Rocas fosfóricas
- Materiales de construcción

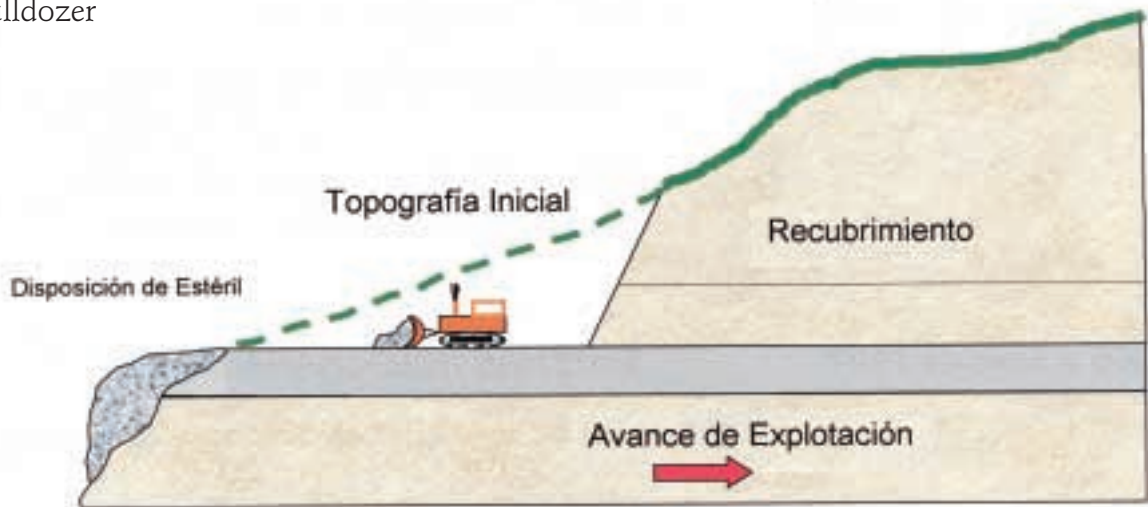


Figura. 5.5 Minería de Contorno

Fuente: Adaptado de Introducción a la Geología y minería al Carbón para Ingenieros

- *Métodos mixtos o especiales*

Se aplica en aquellos yacimientos en los que, por sus características geológicas y por los aspectos tecnológicos, se llegan al límite de explotación por el sistema de Cielo Abierto, y se hace necesario continuar la extracción de manera subterránea. Igualmente, cuando se aplica una minería de contorno que deja una porción de reserva sin extraer.

Se requiere de una tecnología avanzada y exige una preparación de bancos para situar la maquinaria de arranque.

Dentro de este método pueden aplicar los siguientes sistemas:

- Tajo largo
- Auger mininig.

*Características:*

- Espesores mayores a 1 m
- Continuidad lateral y vertical del cuerpo mineral
- Inclinación menor a 5° o a mayores de 70°
- Gran recubrimiento de estéril
- Sin intercalaciones de estériles

*Aplicable a:*

- Carbón
- Minerales industriales
- Materiales de construcción
- Minerales radioactivos

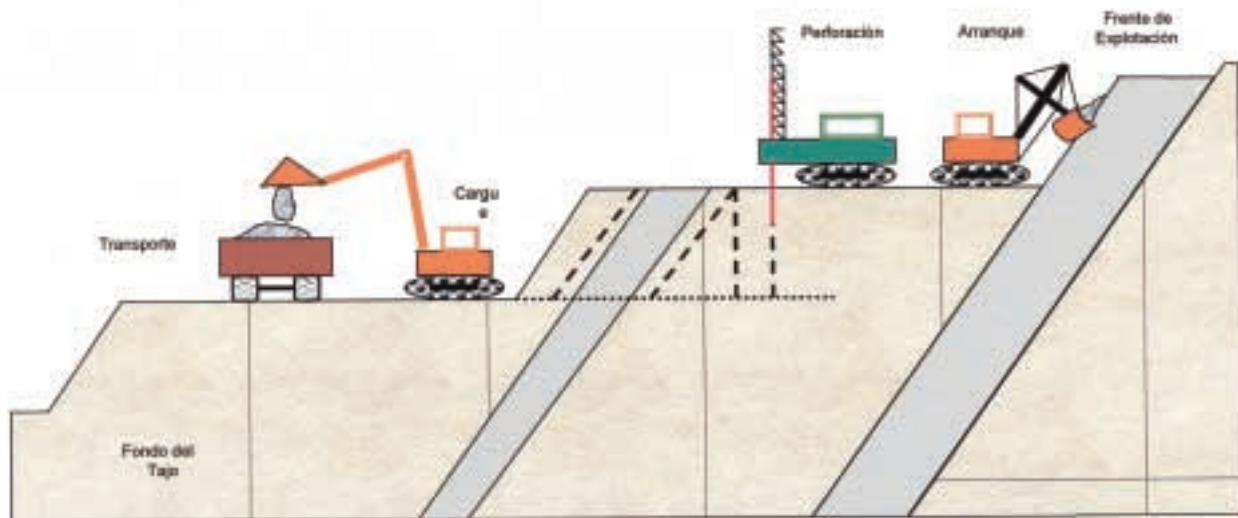


Figura. 5.6 Minería de Tajo Largo

Fuente: Adaptado de Introducción a la Geología y minería al Carbón para Ingenieros

### 5.2.2 Materiales de Arrastre y Aluviones

La minería para materiales de arrastre y de aluvión se efectúa para la extracción de minerales y materiales que han sido arrastrados o transportados por el agua. Se requiere que la sustancia mineral esté en o cerca de las corrientes de agua y a lo largo de las márgenes de las corrientes fluviales. Se extraen por este método, materiales de construcción (gravas, arenas), metales preciosos (oro, plata, platino), algunas gemas y metales no preciosos como estaño.

#### • Hidráulico

Se emplea en depósitos de gravas y cantos de gran tamaño. Se utiliza agua a presión para desintegrar el depósito, y se conduce hasta las plantas de lavado, clasificación, trituración y concentración del mineral. La producción está limitada por la disponibilidad de agua, espesor del depósito y tamaño de las rocas encontradas.

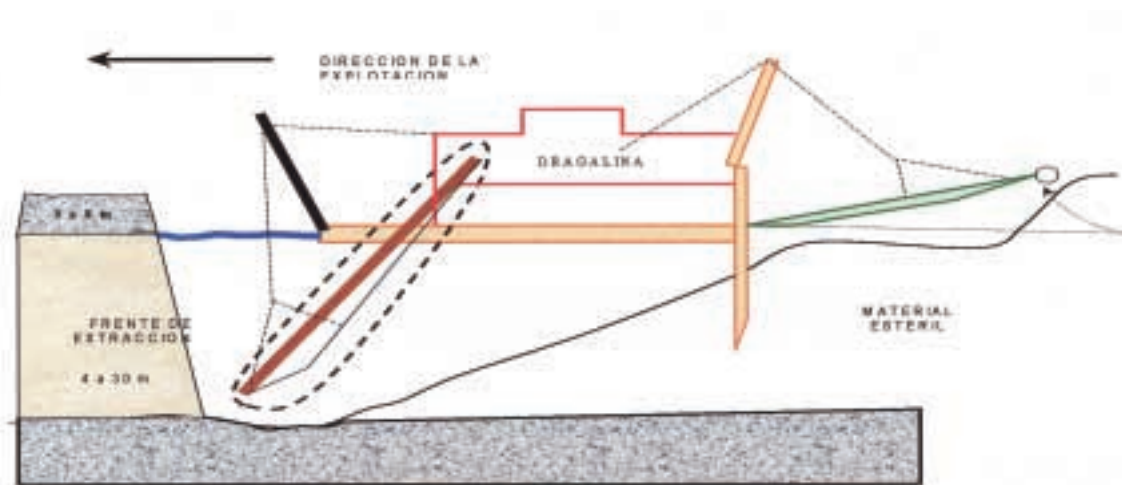


Figura 5.7. Minería de Dragado en Aluviones.

Fuente: Adaptado de Introducción a la Geología y Minería al Carbón para Ingenieros

### • Dragado

Consiste en la excavación bajo el agua de un depósito aluvial grande en extensión y espesor. Puede ser una corriente activa o extinta del lecho del río.

La draga que se utiliza es, básicamente, una plataforma flotante que remueve el material por medio de una línea de cucharas con instalaciones de clasificación, concentración y separación. Las dragas pueden remover material de hasta 45 m bajo el agua. La operación está limitada por la disponibilidad de agua clara y por el porcentaje de grava presente en el depósito.

### 5.2.3 Actividades y Operaciones Unitarias de la Explotación a Cielo Abierto

A continuación se describen las actividades y operaciones unitarias propias de la operación minera. Estas son comunes para cualquiera de los métodos descritos anteriormente.

### • Preparación

Es el descubrimiento del yacimiento o cuerpo mineral, mediante la remoción de la capa o cobertura vegetal o estéril. Generalmente se realiza con:

- Bulldozer
- Mototraillas
- Otros

#### Actividades:

- Remoción de la vegetación
- Remoción de la capa vegetal.



Foto. Bulldozer con ripper para efectuar preparación de frentes de explotación. (Cortesía David Buitrago Salomón)



### • *Arranque*

Consiste en la fragmentación del macizo rocoso a un tamaño que pueda ser manipulado por el sistema definido de cargue y transporte planeado. El arranque es la remoción del estéril y la extracción del mineral de interés. Estas operaciones se pueden realizar en forma directa, mecánica o con explosivos. En la extracción del cuerpo mineralizado se debe evitar la contaminación del material de interés con el estéril.

#### *Actividades:*

- *La remoción de estéril:* Puede ser mecánica o química. La voladura incluye perforación y fragmentación con explosivos.
- *Explotación del mineral:* es la extracción del yacimiento o la sustancia mineralizada de interés.

### • *Cargue*

Una vez realizado el arranque del material, se procede a la operación de cargue del mineral o estéril al sistema de transporte definido.

#### *Actividades:*

- *Método cíclico:* Parque de volquetas, Llenado de cucharón, Cargue y despacho de vehículos.

En este método se utiliza entre otras, palas de empuje, cargadores, retroexcavadoras, dragalinas y grúas de almejas.

- *Método Continuo:* actividad en forma sucesiva e ininterrumpida. Los equipos

utilizados, entre otros, son: Rueda de cangilones que alimenta bandas transportadoras y Mineros continuos, mototrailas.

### • *Transporte*

Es el traslado del material o mineral arrancado desde el frente de extracción hasta el sitio de acopio o planta de beneficio, así como del estéril hasta las escombreras o botaderos.

Puede ser continuo o discontinuo. Existen algunos sistemas en los que se sustituye el transporte por disposición continua del material estéril detrás del banco de explotación.

#### *Actividades:*

- *Continuo:* Banda transportadora, previa trituración
- *Discontinuo:* Camiones autodescargantes

### • *Acopio*

Hace referencia al sitio de disposición del material extraído de la mina, con el fin de ser vendido o almacenado, para su posterior beneficio o uso.

Estas áreas deben estar diseñadas de acuerdo con el volumen de extracción, el tiempo de almacenamiento y la calidad del material.

Existen otros sistemas mas sofisticados de recolección y almacenamiento continuo de material.

#### *Actividades:*

- *Almacenamiento en Pila:* Descargue del material en volquetas. Arrume del material

con tractor de llantas, orugas o traillas.  
Cargue del material con cargador

- *Almacenamiento en Silos:* Almacenamiento continuo del silo por medio de bandas transportadoras. Descargue directo a camiones, trenes u otro medio de transporte.



Foto. Almacenamiento (silos), cargue y transporte (férreo) del mineral. Cortesía de CARBOCOL.

- *Disposición de estériles en botaderos o escombreras*

Es la disposición técnica, final o temporal, de los materiales que no presentan ningún valor económico y que acompañan a la sustancia enriquecida. El material se deposita en las escombreras en condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad e integración al entorno.

Para la implementación de las escombreras se deben adelantar estudios técnicos previos que determinan su ubicación.

#### *Actividades:*

- Ubicación de las zonas de escombreras y sus límites con base en la capacidad

portante del suelo, los volúmenes de material, las características y la distancia a los frentes de extracción.

- *Morfología y materiales.* De acuerdo con el tamaño de los materiales fragmentados y al tipo de material, se definirán las escombreras a manejar.
- *Estudio geotécnico.* Se establecerá la estabilidad de los sitios de escombrera, sus pendientes, el diseño técnico de los bancos o terrazas, así como el estudio hidrogeológico, de escorrentía, drenajes y nivel freático y de estabilidad de los taludes finales (ángulo de reposo).
- Para su construcción se emplean: Bulldozer, Mototrailla, Compactadores.



Foto. Disposición de estériles. Cortesía de CARBOCOL.

### 5.3 Obras y Trabajos de Explotación Subterránea

La minería subterránea consiste en la extracción y transporte del material a través de túneles y galerías que alcanzan la superficie;



en los cuales se busca un mínimo movimiento de material estéril. Este sistema se aplica cuando las condiciones geológicas de un depósito o yacimiento mineral son tales que, la remoción del material estéril hace que la minería a cielo abierto sea antieconómica.

La recuperación del mineral debe realizarse sobre bases de seguridad y economía, al tiempo que suministre un adecuado soporte de techo y piso en los frentes de producción, procurando preservar la superficie libre de subsidencia. Adicionalmente, la minería subterránea debe manejar actividades específicas de drenaje, ventilación, alumbrado, etc., adecuados a los frentes de trabajo, que permitan garantizar condiciones óptimas de trabajo, que eviten la generación de polvos y gases por encima de los límites permisibles. El uso de explosivos esta ampliamente difundido; sin embargo, para algunos minerales o materiales como el carbón, su uso es restringido por las condiciones de seguridad que se requieren.

### 5.3.1 Métodos de Explotación

Los métodos de minería subterránea se clasifican, entre otros aspectos, de acuerdo al soporte del techo. Este depende de las propiedades mecánicas de las rocas y de las características espaciales, tanto de la sustancia mineral como de la roca encajante. Los métodos utilizados en minería subterránea de manera general se clasifican en tres grandes grupos:

- *Método Auto Portante*

Este método no requiere de soporte artificial, pero no excluye la utilización, para algunos casos de pernos de anclaje en el techo.

- Método de cámaras almacén.
- Método de pozos o macizos largos
- Método de pozos tolva

- *Método con Soporte*

Método en el cual los túneles de extracción, requieren soporte, y el techo sufre subsidencia gradual o desprendimiento después de la explotación.

- Método de cámaras con relleno
- Método de cámaras y pilares
- Método de tajo largo con derrumbe dirigido
- Método de tajo corto
- Método de tajos en diagonal
- Método de testers o escalones invertidos

- *Método de Derrumbe por Bloques*

Método que depende de las propiedades mecánicas y espaciales de la roca. El depósito es inducido a derrumbarse bajo la acción de la gravedad.

- Método por hundimiento de bloques
- Método de hundimiento por subniveles

### **Métodos de Minería Subterránea más Empleados en Colombia**

- *Cámaras y Pilares*

En la extracción del mineral se dejan pilares del mismo para sostener el techo. Las cámaras se construyen en forma múltiple y paralela. Se hacen tan anchas como las características y propiedades de resistencia de las rocas de techo y piso y del mismo mineral lo permitan. Dentro de las cámaras se realizan las operaciones de cargue, transporte, etc. La operación se realiza de tal manera

que el techo de la cámara se mantiene en su sitio, sin necesidad de fortificación durante el tiempo que dura la explotación. Los pilares que quedan entre las distintas cámaras se abandonan.

*Características:*

- Las cámaras se ordenan sistemáticamente en filas, de tal modo que sean accesibles desde una galería que las atraviesa.
  - Las dimensiones de las cámaras depende de la resistencia de la roca mineralizada.
  - El porcentaje de mineral recuperado es variable.
  - El porcentaje de recuperación se incrementa significativamente cuando en retirada se recuperan los pilares.
  - Este sistema requiere de una ventilación apropiada.
  - Se emplea en yacimientos con buzamientos menores a  $30^\circ$ .
- *Tajo largo con derrumbe dirigido*

Este método se aplica en yacimientos o depósitos de poca inclinación, con espesores

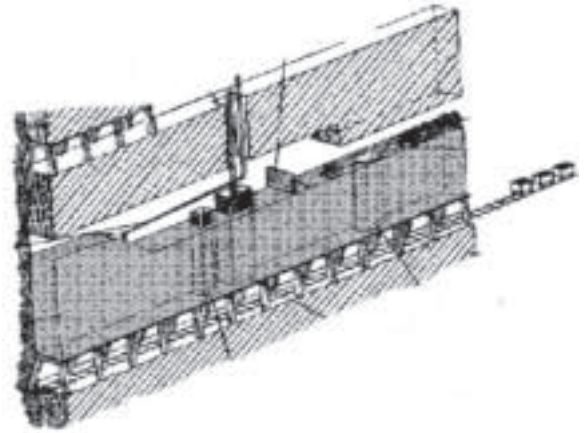


Figura. 5.9 Método de Explotación Tajo Largo. Se aprecia la guía y la galería de explotación. Fuente: Fundamentos de Laboreo de Minas.

entre 1 y 2.5m. Consiste en dividir el yacimiento en grandes bloques o tajos, por medio de galerías superior e inferior, que determinan el ancho del frente de arranque y unidos por galerías inclinadas, presentándose el derrumbe del techo en las áreas ya explotadas.

El sentido de la explotación puede hacerse en avance o retirada dependiendo si se parte de la vía principal o no.

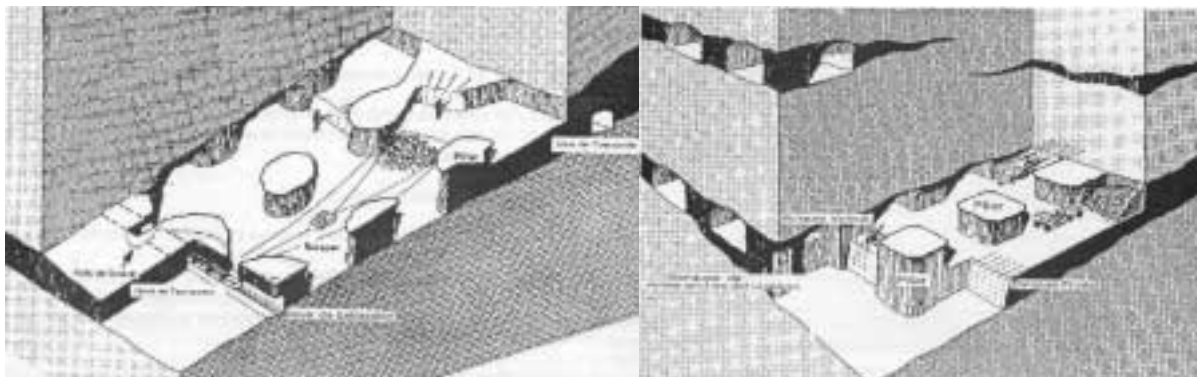


Figura 5.8. Métodos por Cámara y Pilares. Fuente: Fundamentos de Laboreo de Minas.

En este método existen muchas variantes según las características del depósito: tajos en diagonal, tajos con frente circular y tajos con frente escalonado.

Para capas de buzamiento moderado se utiliza el sistema de grandes tajos en dirección. A medida que el buzamiento es mayor se utiliza el sistema de tajo en diagonal.

*Características:*

- Espesor entre 1 y 2.5 m
- Panel hasta unos 2 km. de longitud y entre 60 y 200m de ancho
- Altamente mecanizado
- En sistema mecanizado los soportes de acero tienen un ancho que puede estar entre 2 y 3m
- Para yacimientos regulares, continuos y poco fallados.

• *Testeros o escalones invertidos*

Se utilizan en aquellos yacimientos con fuerte buzamiento para lo cual se descompone el yacimiento en pisos o niveles. Se parte de la galería superior o inferior y se abre un frente de trabajo que se va ensanchando y formando bloques escalonados que van progresando a medida que avanza la explotación. El descargue del mineral se realiza por gravedad hasta la galería inferior de transporte.

*Características:*

- Espesores de manto variable alrededor de 0.5 y 3 m.
- Buzamiento mayor de 50°
- Requiere de sistemas especiales de ventilación
- Se debe realizar controles continuos y eficientes de seguridad minera.

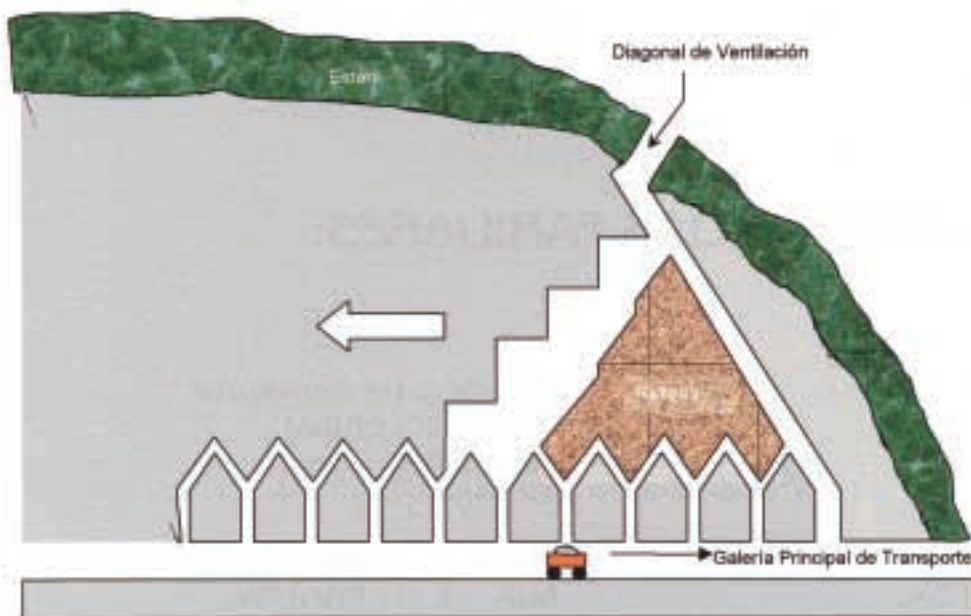


Figura. 5.10 Escalones Invertidos. Fuente: Introducción a la geología y Minería al Carbón para Ingenieros

- *Derrumbe por bloques*

Se emplea para el arranque de los minerales cuando la gravedad y la presión de los terrenos situados en el techo obligan al derrumbe de la sustancia mineral. En este método se dispone de un juego completo de tolvas de descarga desde donde se transporta el mineral hacia la galería principal.

*Características:*

- Buzamientos mayores a 50°
- Espesores entre 0.5 y 3 m.

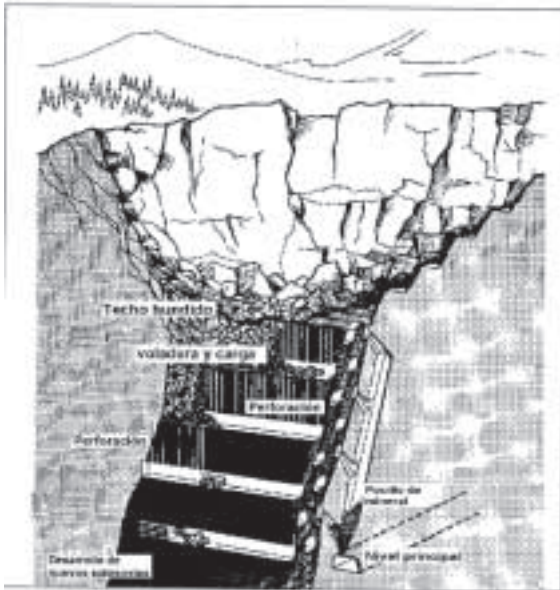


Figura 5.11 Explotación de derrumbe.  
Fuente: Fundamentos de Laboreo de Minas

### 5.3.2 Actividades y Operaciones Unitarias de la Explotación Subterránea

A continuación se describen las actividades y operaciones unitarias propias de la explotación minera subterránea. Estas son comunes a todos los métodos descritos anteriormente.

- *Preparación*

Consiste en construir el acceso al depósito y dividir el yacimiento en sectores y bloques; de forma previa a la explotación propiamente dicha. El acceso al yacimiento se realiza por:

- Túneles o cruzadas horizontales
- Pozos o galerías inclinadas
- Pozos verticales

*Obras, actividades, aspectos:*

A. Labores principales:

Subniveles, diagonales, tambores  
Perforación  
Voladura  
Cargue y Transporte  
Entibación

B. Prolongación de Instalaciones

1. Tuberías
2. Rieles
3. Ventilación

C. Transporte de Suministros

1. Manual
2. Cables



Foto. Perforadora para labores subterráneas  
Fuente: Fundamento de Laboreo de Minas

3. Malacates
4. Vagonetas

- *Arranque*

El arranque es la remoción del estéril y la extracción del mineral de interés. Estas operaciones se pueden realizar en forma directa, mecánica o con explosivos. En la extracción del cuerpo mineralizado se debe evitar la contaminación del material de interés con el estéril.

*Obras, actividades, aspectos:*

A. Arranque:

1. Pico y pala
2. Martillos neumáticos
3. Perforación y voladura
4. Rozadoras

B. Cargue y transporte dentro del tajo

1. Pala y recipientes
2. Gravedad
3. Canales comunes
4. Transportadoras blindadas

C. Entibación

1. Maderas (canastas)
2. Palancas de fricción
3. Material de relleno

- *Almacenamiento, cargue y transporte en galerías principales*

Se utilizan compuertas metálicas o de madera y tolvas que descargan el mineral o material almacenado temporalmente al medio de transporte por gravedad o por medio de alimentadores accionados por equipos mecánicos.

*Obras, actividades, aspectos:*

1. Compuertas de madera
2. Tolvas de madera o metálicas
3. Gravedad, alimentadores
4. Rastrillos
5. Vagonetas manuales, malacates
6. Trenes
7. Banda transportadora
8. Volquetas
9. Mototraillas

- *Almacenamiento fuera de la mina y transporte externo*

Hace referencia al sitio de disposición del material extraído de la mina, con el fin de ser vendido o almacenado para su posterior beneficio o uso.

Estas áreas deben estar diseñadas de acuerdo con el volumen de extracción, tiempo de almacenamiento y la calidad del material.

*Obras, actividades, aspectos:*

- *Almacenamiento en Pila:*
  - Descargue del material en volquetas
  - Arrume del material con tractor de llantas, orugas o traillas.
  - Cargue del material con cargador
  - Existen otros sistemas más sofisticados de recolección y almacenamiento continuo de materiales.
- *Almacenamiento en Silos:*
  - Almacenamiento continuo del silo por medio de bandas transportadoras.
  - Tolvas de madera, metálicas de concreto
  - Descargue directo a camiones, trenes u otro medio de transporte.



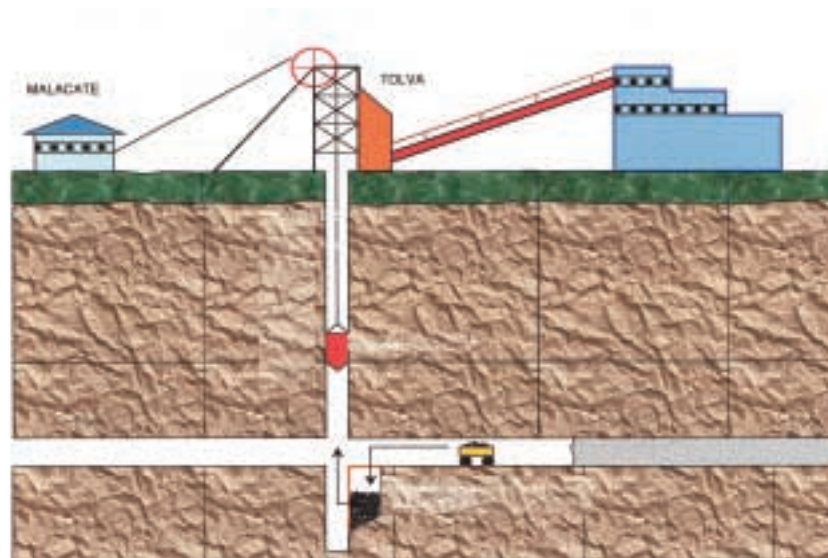


Figura 5.12. Sistema de extracción de mineral mediante malacate y almacenamiento fuera de mina.  
Fuente: Tomado y modificado de Introducción a la Geología y Minería al Carbón para Ingenieros

## 5.4 Cierre y Abandono de Mina

El Plan de Cierre de una mina debe tomar en consideración las condiciones del área antes de la explotación (Líneas Base ambientales), durante el desarrollo de la actividad, la finalización de las actividades y el uso posterior del suelo. El Plan también debe tener en cuenta los impactos positivos y negativos generados por la actividad durante su operación, los cuáles han sido convenientemente documentados en el correspondiente Plan de Manejo; y analizar la respuesta del territorio a los procesos naturales de su entorno. Las actividades de cierre y abandono de mina se tendrán en cuenta desde el planeamiento minero y durante la ejecución del proyecto minero.

- *Marco Estratégico del Plan de Cierre de Mina - Aspectos Fundamentales a Considerar*

1. Participación de Actores (involucrados en el Cierre)

2. Planeamiento (Figura 5.13)
3. Provisión Financiera
4. Direccionamiento o gerencia
5. Normas y Estándares
6. Cesación de Derechos

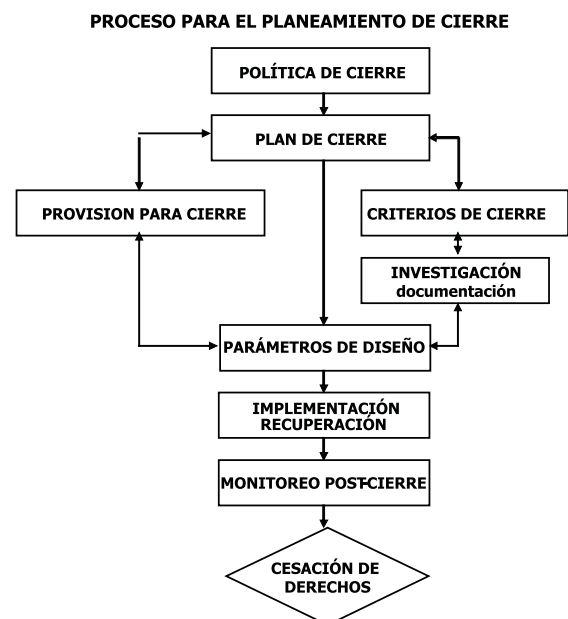


Figura 5.13 Planeación del cierre (Adaptado del Grupo de Minerales & Energía de Western australia Inc, 1999)

- *Criterios fundamentales para el cierre*
  - Calidad de aguas superficiales y subterráneas
  - Procesos erosivos y estabilidad a largo plazo, de las estructuras que permanecerán en el área después del cierre
  - Usos del territorio y factores estéticos del paisaje después del cierre
  - Impacto social y económico por la reducción de las actividades económicas en el área y compromisos potenciales, relacionados con mantenimiento después del cierre, que permanecerán como legado a generaciones futuras.
  - Consecuencias económicas para la compañía minera y para patrocinadores financieros (actores), con respecto a costos del Cierre

- *Identificación de actores involucrados en el proceso de cierre*

ACTORES (PARTICIPANTES)		PARTICIPACIÓN - COMPROMISO
COMPAÑÍA	Empleados	Deben participar directamente y soportar el Plan de Cierre de la mina
	Personal de Dirección - Gerencia	Debe promover continuamente el conocimiento y la consistencia del Plan
	Accionistas	Deben mantenerse bien informados sobre las obligaciones de la compañía en el Cierre.
COMUNIDAD	Propietarios de Negocios Locales y Proveedores de Servicios	Los efectos económicos pueden ser severos, por tanto estos participantes están facultados para asesorarse sobre sus propios planes de transición o continuidad.
	Propietarios de tierras, vecinos y Residentes	Pueden estar directamente afectados por el cierre y tener necesidades y expectativas específicas, que pueden ser incorporadas en el plan de recuperación o rehabilitación.
	Gobierno Local	Debe proveer el vínculo principal con la comunidad. La consulta temprana y la planeación minimizan los problemas en servicios ofrecidos por la comunidad.
ESTADO	Autoridades Responsables y Reguladoras (Mineras y Ambientales)	Deben coordinar las funciones y necesidades de otras agencias del gobierno con responsabilidades en el área.
	Autoridades Agrarias y de Planeación de Uso del Territorio	En el caso de que sean diferentes de las entidades responsables directas, es necesario asegurar que sus requerimientos estén integrados en el proceso de cierre.
	Otras Agencias Gubernamentales	Los efectos potenciales del cierre sobre la comunidad y los individuos pueden requerir consulta con otras agencias del gobierno.



- *Adecuación del territorio para su uso sostenible*

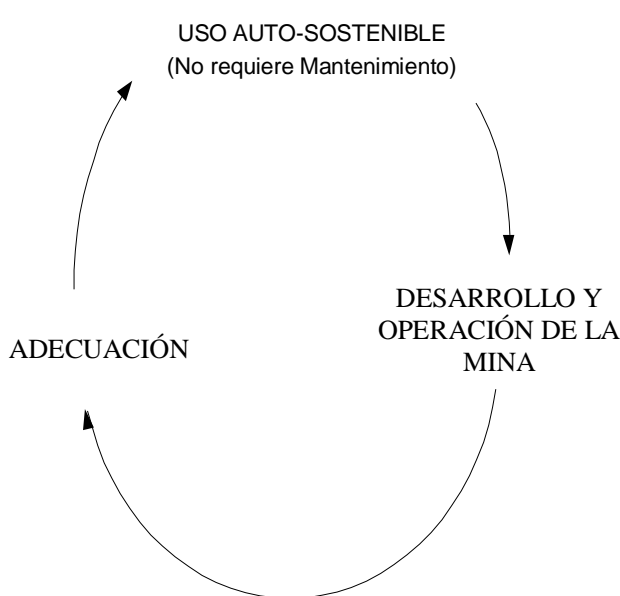


Figura 5.14 Adecuación para un Uso Auto-Sostenible



Figura 5.15. Adecuación para un Uso de Desarrollo Sostenible

(Esquema adaptado de Robertson)

#### 5.4.1 Cierre de Operaciones en Minas a Cielo Abierto

ASPECTOS	OBJETIVOS	MEDIDAS DE CONTROL	CONSIDERACIONES PARA MONITOREO
<b>Estabilidad Física</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Taludes</li> <li>• Laderas</li> <li>• Erosión</li> <li>• Hidrología</li> <li>• Seguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir superficies estables</li> <li>• Controlar riesgos</li> <li>• Restringir accesos</li> <li>• Controlar erosión</li> <li>• Mantener calidad de aguas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redefinir y estabilizar pendientes</li> <li>• Revegetalizar y/o reforestar</li> <li>• Adecuar zanjas / bermas; cercas y señalización</li> <li>• Adecuar drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo de zanjas, bermas y señalización</li> <li>• Monitoreo de grietas en la corona de los taludes, Evidencias de fallas en proceso y de procesos erosivos</li> <li>• Monitoreo de sólidos en suspensión (muestreo)</li> <li>• Monitoreo de niveles de agua (estudio y/ o instalación de instrumentos)</li> <li>• Monitoreo de niveles de aguas subterráneas y de lagos o lagunas cercanas</li> </ul>
<b>Estabilidad Química</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lixiviación de metales</li> <li>• Drenaje Ácido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener calidad de aguas</li> <li>• Cumplir normas de calidad de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clausurar superficies</li> <li>• Efectuar inundaciones para controlar reacciones</li> <li>• Controlar factores hidrológicos</li> <li>• Tratar las descargas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo y análisis de aguas superficiales, subterráneas, de escorrentía, de proceso y de mina.</li> </ul>
<b>Uso del Territorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productividad</li> <li>• Impacto visual</li> <li>• Drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperar para un uso alternativo</li> <li>• Recuperar patrones de drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rellenar hundimientos</li> <li>• Redefinir pendientes</li> <li>• Cumplir el POT</li> <li>• Inundar (cobertura de agua)</li> <li>• Rehabilitar para fauna (pesca, aves, hábitat natural)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoreo e Inspección regular</li> </ul>

### 5.4.2 Cierre de Operaciones en Minas Subterráneas

ASPECTOS	OBJETIVOS	MEDIDAS DE CONTROL	CONSIDERACIONES PARA MONITOREO
<b>Estabilidad Física</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Túneles</li> <li>Desagües</li> <li>Declives</li> <li>Subsistencia - hundimientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitar accesos</li> <li>Clausurar entradas</li> <li>Mantener seguridad</li> <li>Estabilizar superficies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rellenar túneles</li> <li>Cerrar entradas</li> <li>Establecer zanjas / bermas; cercas y señalización</li> <li>Establecer salidas de agua y de gases</li> <li>Rellenar espacios subterráneos y superficiales</li> <li>Redefinir superficies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo de accesos, desagües, bermas, cercas y señalización</li> <li>Monitoreo de grietas, túneles, patrones de drenaje</li> <li>Monitoreo de niveles de agua</li> <li>Monitoreo visual de fugas</li> <li>Monitoreo y cuantificación de tasa de filtración</li> </ul>
<b>Estabilidad Química</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lixiviación de metales</li> <li>Drenaje Ácido</li> <li>Contaminantes</li> <li>Gases - Metano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener calidad de aguas</li> <li>Cumplir con normas de calidad de agua</li> <li>Prevenir fugas al ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inundar (cobertura de agua)</li> <li>Clausurar entradas</li> <li>Remover contaminantes</li> <li>Tratar agua de descarga</li> <li>Drenar aceites de equipos, motores, transformadores, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo y análisis de aguas superficiales, subterráneas, de escorrentía, de proceso y de mina.</li> </ul>
<b>Uso del Territorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Productividad</li> <li>Impacto visual</li> <li>Drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperar para el uso del POT</li> <li>Recuperar patrones de drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rellenar hundimientos</li> <li>Definir superficies</li> <li>Inundar terrenos (humedales)</li> <li>Cumplir el POT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo e Inspección regular</li> </ul>

### 5.4.3 Aspectos de Cierre Relacionados con Estériles y Colas de Proceso

ASPECTOS	OBJETIVOS	MEDIDAS DE CONTROL	CONSIDERACIONES PARA MONITOREO
<b>Estabilidad Física</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Taludes</li> <li>Laderas</li> <li>Erosión</li> <li>Drenaje</li> <li>Polvo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabilizar superficies</li> <li>Prevenir fallas, derrumbes y producción de material particulado (sedimentos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleccionar el terreno evitando bases débiles</li> <li>Establecer drenajes internos</li> <li>Conformar taludes suaves</li> <li>Definir superficies</li> <li>Establecer coberturas</li> <li>Definir zanjas y desagües</li> <li>Construir piscinas de sedimentación</li> <li>Revegetar y/o Reforestar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo de grietas en la corona del talud</li> <li>Monitoreo de fallas nuevas o en proceso, de procesos erosivos</li> <li>Monitoreo de vegetación</li> <li>Monitoreo de taludes</li> <li>Monitoreo de desagües, zanjas y piscinas</li> <li>Monitoreo de deslizamientos</li> </ul>
<b>Estabilidad Química</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lixiviación de Metales</li> <li>Drenaje Ácido</li> <li>Reactivos residuales de molienda</li> <li>Contaminantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener calidad de aguas</li> <li>Cumplir con normas de calidad de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener bajo cobertura acuática para controlar reacciones</li> <li>Pre-tratar por mezcla con materiales alcalinos para neutralizar drenajes ácidos</li> <li>Diseñar piscinas para almacenamiento de residuos</li> <li>Aislar materiales reactivos</li> <li>Cubrir y reforestar</li> <li>Controlar drenaje</li> <li>Recolectar y tratar efluentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo y análisis de lixiviados, filtraciones, drenajes y aguas superficiales y subterráneas</li> <li>Evaluación Acido/ Base para determinar el potencial de generación de acidez</li> </ul>
<b>Uso del Territorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Productividad</li> <li>Impactos visuales</li> <li>Drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperar el terreno para un uso alternativo</li> <li>Recuperar patrones de drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definir superficies</li> <li>Cumplir el POT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo e Inspección regular</li> </ul>

#### 5.4.4 Aspectos de Cierre Relacionados con Confinamiento Acuoso de Colas de Proceso

ASPECTOS	OBJETIVOS	MEDIDAS DE CONTROL	CONSIDERACIONES PARA MONITOREO
<b>Estabilidad Física</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Polvo</li> <li>Erosión</li> <li>Muros de piscinas o diques</li> <li>Drenaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabilizar superficies</li> <li>Prevenir fallas y derrumbes</li> <li>Controlar material particulado (sedimentos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleccionar del sitio adecuado</li> <li>Establecer coberturas (vegetación, escolleras o agua) resistentes a la erosión</li> <li>Diseñar piscinas y diques</li> <li>Establecer el método de disposición de las colas del proceso</li> <li>Cubrir y reforestar</li> <li>Controlar drenaje</li> <li>Establecer zanjas / bermas / cercas para controlar acceso de vehículos motorizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo visual de zanjas, bermas, etc.</li> <li>Monitoreo de procesos erosivos</li> <li>Monitoreo de vegetación (cobertura vegetal)</li> <li>Monitoreo de grietas en la corona de taludes, indicios de nuevas fallas, filtraciones o fugas, tuberías, protuberancias en los taludes, formación de lodos o fango en la cima</li> <li>Muestreo de drenajes (sólidos en suspensión)</li> <li>Monitoreo y evaluación de tasas críticas de sedimentación, aumento de filtración o aparición de deformaciones internas</li> <li>Medición de tasas de descarga y comparación con el diseño (flujo)</li> </ul>
<b>Estabilidad Química</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lixiviación de Metales</li> <li>Drenaje Acido</li> <li>Reactivos residuales de molienda</li> <li>Estructura de piscinas o diques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener calidad de agua</li> <li>Controlar reacciones</li> <li>Controlar migración y dispersión</li> <li>Recolectar y tratar residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Usar materiales químicamente estables para construir muros de diques y piscinas</li> <li>Pre-tratar colas del proceso</li> <li>Usar coberturas para controlar reacciones</li> <li>Establecer pantanos o humedales</li> <li>Desviar drenajes</li> <li>Recolectar y tratar efluentes</li> <li>Monitorear</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo y análisis de drenajes de escorrentía, lixiviados y filtrados de efluentes de las pilas de colas del proceso.</li> </ul>
<b>Uso del Territorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Productividad</li> <li>Impactos visuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperar el territorio para un uso apropiado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Redefinir, cubrir y reforestar</li> <li>Inundar y formar pantanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo e Inspección regular</li> </ul>

#### 5.4.5 Aspectos del Cierre Relacionados con el Manejo de Aguas

ASPECTOS	OBJETIVOS	MEDIDAS DE CONTROL	CONSIDERACIONES PARA MONITOREO
<b>Estabilidad Física</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Muros de piscinas o diques</li> <li>Estructuras</li> <li>Tuberías</li> <li>Zanjas</li> <li>Piscinas de Sedimentación</li> <li>Alcantarillado</li> <li>Erosión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lograr estabilidad a largo plazo</li> <li>Garantizar seguridad de las estructuras</li> <li>Mantener capacidad de inundación</li> <li>Prevenir contra obstrucciones</li> <li>Prevenir erosión</li> <li>Mantener el flujo del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Romper diques o piscinas dañadas</li> <li>Remover estructuras</li> <li>Clausurar entradas y salidas</li> <li>Actualizar diseño de formación de inundaciones</li> <li>Remover tuberías</li> <li>Llenar zanjas y desagües</li> <li>Planear mantenimiento a largo plazo</li> <li>Proteger taludes erosionables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo de erosión, especialmente en puntos de confluencia de corrientes y declives</li> <li>Monitoreo de acumulación de sedimentos o escombros que produzcan obstrucciones</li> </ul>
<b>Estabilidad Química</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación de aguas superficiales y/o subterráneas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener calidad del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tratar o prevenir contaminación</li> <li>Drenar, procesar y descargar</li> <li>Instalar barreras</li> <li>Revegetar y/o Reforestar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muestreo y análisis</li> </ul>
<b>Uso del Territorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Obstrucción en suministro de agua</li> <li>Productividad del uso de la tierra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperar patrones de drenaje</li> <li>Recuperar el territorio para un uso apropiado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estabilizar y mantener</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo e Inspección regular</li> </ul>

### 5.4.6 Aspectos del Cierre Relacionados con Infraestructura

ASPECTOS	OBJETIVOS	MEDIDAS DE CONTROL	CONSIDERACIONES PARA MONITOREO
<b>Estabilidad Física</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Edificios</li> <li>Equipos</li> <li>Vías</li> <li>Pistas de aterrizaje</li> <li>Servicios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener seguridad en el área</li> <li>Controlar accesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desmantelar y remover edificios, equipos y otros servicios</li> <li>Excavar tanques enterrados y rellenar</li> <li>Recuperar patrón de drenaje</li> <li>Reforestar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo de cercas, barricadas y seguridad del sitio</li> <li>Monitoreo de erosión</li> <li>Monitoreo de acumulación de sedimentos o escombros que produzcan obstrucciones</li> </ul>
<b>Estabilidad Química</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas de almacenamiento de combustible y químicos</li> <li>PCBs (si se usan) y su aislamiento</li> <li>Explosivos</li> <li>Derrames de combustible o aceites</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener seguridad en el área</li> <li>Mantener calidad del agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remover materiales indeseables</li> <li>Tratar suelos contaminados o disponerlos en sitios autorizados</li> <li>Controlar y tratar drenajes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo visual</li> <li>Muestreo si se sospechan derrames</li> </ul>
<b>Uso del Territorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Usos Alternos</li> <li>Productividad</li> <li>Impactos visuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recuperar el territorio para un uso apropiado y/o definido en el POT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remover bases y redefinir superficies</li> <li>Recuperar drenaje natural</li> <li>Cumplir con el POT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoreo e Inspección regular</li> </ul>

Como ilustración, se presentan a continuación algunas tecnologías que pueden ser utilizadas para mantener la estabilidad química durante la operación y después del cierre de la explotación minera (Tabla 5.1)

TIPO DE CONTROL	TECNOLOGÍA DE CONTROL	FACTOR A CONTROLAR		
		DRENAJE ÁCIDO	LIXIVIACIÓN DE METALES	REACTIVOS RESIDUALES DE MOLIENDA
Control de reacciones	Acondicionamiento de residuos/remoción de minerales no valiosos	◆	◆	
	Cubiertas y sellamientos para evitar la presencia de agua	◆	◆	
	Cubiertas y sellamientos para evitar presencia de oxígeno	◆		
	Mezcla /adición de bases	◆		
	Bactericidas (únicamente de corta duración)	◆		
	Cambios del proceso de molienda, cambio de reactivos			◆
	Cambio del proceso de molienda, adición de agentes neutralizantes			◆
Control de dispersión	Cubiertas y sellamientos para reducir infiltraciones	◆	◆	◆
	Control del sitio para reducir infiltraciones	◆	◆	◆
	Control de aguas superficiales (evitar acceso)	◆	◆	◆
	Control de aguas subterráneas (evitar acceso)	◆	◆	◆
Recolección y tratamiento	Tratamiento activo en planta de tratamiento químico	◆	◆	◆
	Tratamiento pasivo usando pantanos o humedales	◆	◆	◆
	Tratamiento pasivo usando fosos o pozos	◆		
	Tratamiento pasivo usando pozos o piscinas de retención			◆

Tabla 5.1. Estabilidad Química – Tecnologías Posibles para su Control

## CME 6

**Evaluación de Impactos Ambientales**

La evaluación que se presenta en éste capítulo, parte de un análisis de los impactos ambientales más significativos y usuales, que potencialmente ocurren en un proyecto de explotación minera, tanto para la Construcción y Montaje como para las Obras y Trabajos de Explotación a Cielo Abierto y Subterránea. Entre los impactos más notorios se encuentran: los cambios en la calidad físico-química del agua, la remoción y pérdida del suelo, la generación de estériles y escombros, la remoción y pérdida de cobertura vegetal (y por ende el desplazamiento de comunidades faunísticas), los cambios en el uso del suelo y la modificación del paisaje. Estos impactos ambientales se presentan por la alteración, tanto positiva como negativa, de los componentes bióticos, abióticos y sociales del medio.

Para la evaluación de impactos ambientales se hace, en primer lugar, una correlación de las actividades realizadas para construcción, montaje, explotación y desmantelamiento del proyecto minero con cada uno de los impactos potenciales. Luego se procede a la valoración de los impactos, de acuerdo a criterios cualitativos, para establecer una magnitud; finalmente se hace referencia a las medidas de manejo ambien-

tal de acuerdo con la relación específica de las actividades generadoras del impacto o los impactos. Esta evaluación sirve de base para la realización del manejo ambiental, cuya ejecución se realiza a través de las fichas que se presentan en el capítulo 7.

Es importante anotar que todos los proyectos de explotación minera, incluso los de explotación temprana, requieren de Licencia Ambiental, la cual se otorgará de manera global. Para el trámite de la Licencia Ambiental es necesaria la aprobación previa de un Estudio de Impacto Ambiental, que incluya las medidas para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales ocasionados.

**6.1 Identificación de Impactos Ambientales**

En la tabla 6.1 se mencionan algunos de los métodos más empleados para la identificación de impactos ambientales. Unos de los principales, y el sugerido en esta guía, es la matriz Causa-Efecto, en la que se relacionan las actividades generadoras de impacto, con las factores ambientales susceptibles de afectación. Esta matriz se aplica en las actividades de Construcción, Montaje y Explotación, tanto a cielo abierto como subterráneas.

Las tablas 6.2 y 6.3 presentan estas matrices, las cuales deben tomarse como referentes y adaptables a las condiciones particulares de cada proyecto.

MÉTODOS PARA IDENTIFICAR IMPACTOS	MODELOS PARA IDENTIFICAR IMPACTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Lista de chequeo:</b> Método de evaluaciones preliminares para seleccionar los impactos relevantes y previsibles.</li> <li>- <b>Red de impactos:</b> Determina impactos a mediano y largo plazo. Relaciona impactos individuales entre si (sinergismo), obteniendo impactos indirectos (secundarios o terciarios).</li> <li>- <b>Método Mc. Harg:</b> compara el mapa de uso potencial con el uso actual para determinar las zonas en conflicto de uso por sobreexplotación o sub explotación de sus ofertas.</li> <li>- <b>Ad hoc:</b> Prevalece la opinión de un grupo de expertos que dan conclusiones lógicas y prácticas.</li> <li>- <b>Matriz causa-efecto:</b> Método cualitativo, que organiza los factores ambientales susceptibles de afectación con las actividades generadoras de la afectación, precedidos del signo + o -, según sea la variación de la calidad ambiental en una escala de 1 a 10 (1 alteración mínima y 10 alteración máxima).</li> <li>- <b>Superposición de transparencias:</b> Permite obtener la imagen de la afectación general mediante la superposición de diferentes mapas cartográficos con características propias de una zona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Modelos empíricos:</b> Predicen o cuantifican problemas ambientales específicos, con información experimental de la dinámica del ecosistema.</li> <li>- <b>Modelos descriptivos:</b> Permiten plantear el funcionamiento del sistema con base en la observación detallada.</li> <li>- <b>Modelos matemáticos complejos:</b> Permiten predicciones más precisas. Incluyen variables temporales, espaciales y de variaciones al azar.</li> <li>- <b>Modelo ecológico:</b> Similar al de la superimposición de mapas pero con un análisis ecológico del territorio más exhaustivo.</li> </ul>

Tabla 6.1 Métodos y Modelos de Identificación de Impactos

<div>ACTIVIDADES</div> <div>IMPACTOS POTENCIALES</div>			ACTIVIDADES, OBRAS Y TRABAJOS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO													
			CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE					ARRANQUE			TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES				CIERRE Y ABANDONO	
			Construcción de edificaciones	Construcción de patios de acopio	Construcción y adecuación de vías externas e internas	Construcción de líneas de transmisión	Construcción de infraestructura de servicios públicos	Perforación y voladura	Remoción de estériles	Extracción del mineral	Cargue	Transporte	Patios de acopio	Disposición de escombros	Frentes mineros	Infraestructuras
COMPONENTE AMBIENTAL	ABIÓTICO	Cambios en la calidad físico-química del agua														
		Afectación de la dinámica de aguas superficiales														
		Afectación de la dinámica de aguas subterráneas														
		Sedimentación de cuerpos de agua														
		Emisión de material particulado y de gases														
		Generación de ruidos														
		Remoción en masa y pérdida del suelo														
		Activación de procesos erosivos														
		Contaminación del suelo														
		Hundimiento del terreno														
		Movimiento del macizo rocoso														
	BIÓTICO	Remoción y pérdida de cobertura vegetal														
		Afectación de comunidades faunísticas														
	SOCIAL	Generación de expectativas														
		Generación de empleo														
		Cambios en el uso del suelo														
		Afectación del patrimonio cultural														
Modificación del paisaje																
Afectación de la infraestructura pública y privada																

Tabla 6.2. Matriz Causa Efecto – La matriz es un referente técnico para minería a Cielo Abierto



IMPACTOS POTENCIALES			ACTIVIDADES, OBRAS Y TRABAJOS DE EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA											
			CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE					ARRANQUE, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO					CIERRE Y ABANDONO	
			Construcción de edificaciones	Construcción de patios de acopio	Construcción y adecuación de vías externas e internas	Construcción de líneas de transmisión	Construcción de infraestructura de servicios públicos	Entibación	Perforación y voladura	Transporte interno	Transporte externo	Almacenamiento externo (patios de acopio)	Disposición de escombros	Frentes mineros
COMPONENTE AMBIENTAL	ABIÓTICO	Cambios en la calidad físico-química del agua												
		Afectación de la dinámica de aguas superficiales												
		Afectación de la dinámica de aguas subterráneas												
		Sedimentación de cuerpos de agua												
		Emisión de material particulado y de gases												
		Generación de ruidos												
		Remoción en masa y pérdida del suelo												
		Activación de procesos erosivos												
		Contaminación del suelo												
		Hundimiento del terreno												
		Movimiento del macizo rocoso												
	BIÓTICO	Remoción y pérdida de cobertura vegetal												
		Afectación de comunidades faunísticas												
	SOCIAL	Generación de expectativas												
		Generación de empleo												
		Cambios en el uso del suelo												
		Afectación del patrimonio cultural												
Modificación del paisaje														
Afectación de la infraestructura pública y privada														
	Incremento del uso de bienes y servicios													

Tabla 6.3. Matriz Causa Efecto – La matriz es un referente técnico para minería subterránea

## 6.2 Valoración de la Magnitud de los Impactos Ambientales

Para que el concesionario complemente la evaluación de los impactos ambientales, debe determinar la magnitud del impacto generado, partiendo de la matriz de causa y efecto. Se valora cada impacto puntual por separado, de acuerdo con los criterios de valoración (tabla 6.4) o criterios similares. La magnitud de

los impactos dependerá de varios factores a considerar: localización, tamaño del área, trabajos de construcción y montaje, métodos de explotación minera, cantidad de trabajadores, líneas de transmisión de vehículos y maquinaria utilizada, cercanía a vías de acceso, relieve del lugar, suelo, cercanía a asentamientos humanos y presencia de cuerpos de agua subterráneos y superficiales.

ATRIBUTO CUALITATIVO	CARACTERIZACIÓN DEL ATRIBUTO	VALORACIÓN (Efecto que produce)
<b>Intensidad</b>	Define el grado de incidencia de la acción sobre el factor.	Alto
		Medio
		Bajo
<b>Duración</b>	Plazo de manifestación del impacto. Hace referencia al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto.	Fugaz
		Temporal
		Pertinaz
		Permanente
<b>Capacidad de recuperación</b>	Tiempo de permanencia del efecto desde su aparición hasta que el factor afectado retorna a las condiciones iniciales, gracias a efectos naturales o acciones correctivas.	Irrecuperable
		Irreversible
		Reversible
		Recuperable
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	Establece la potencialidad de que se presente un efecto tras la acción.	Poco probable
		Probable
		Seguro
<b>Extensión</b>	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.	Puntual
		Parcial
		Extremo
		Total
<b>Periodicidad</b>	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica (efecto periódico), de forma impredecible cada vez que se repite (efecto irregular), o constante (efecto continuo).	Continuo
		Discontinuo
		Aparición irregular
<b>Interrelación acciones y/o efectos</b>	Contempla el efecto de dos o más acciones simples.	Simple
		Acumulativo
		Sinérgico
<b>Manifestación</b>	Establece el grado de inminencia del efecto durante y después de que se presente la acción.	Latente
		Inmediato
<b>Carácter</b>	Hace referencia al carácter beneficioso (positivo) o perjudicial (negativo) de las diferentes actividades sobre los factores considerados.	Positivo
		Negativo

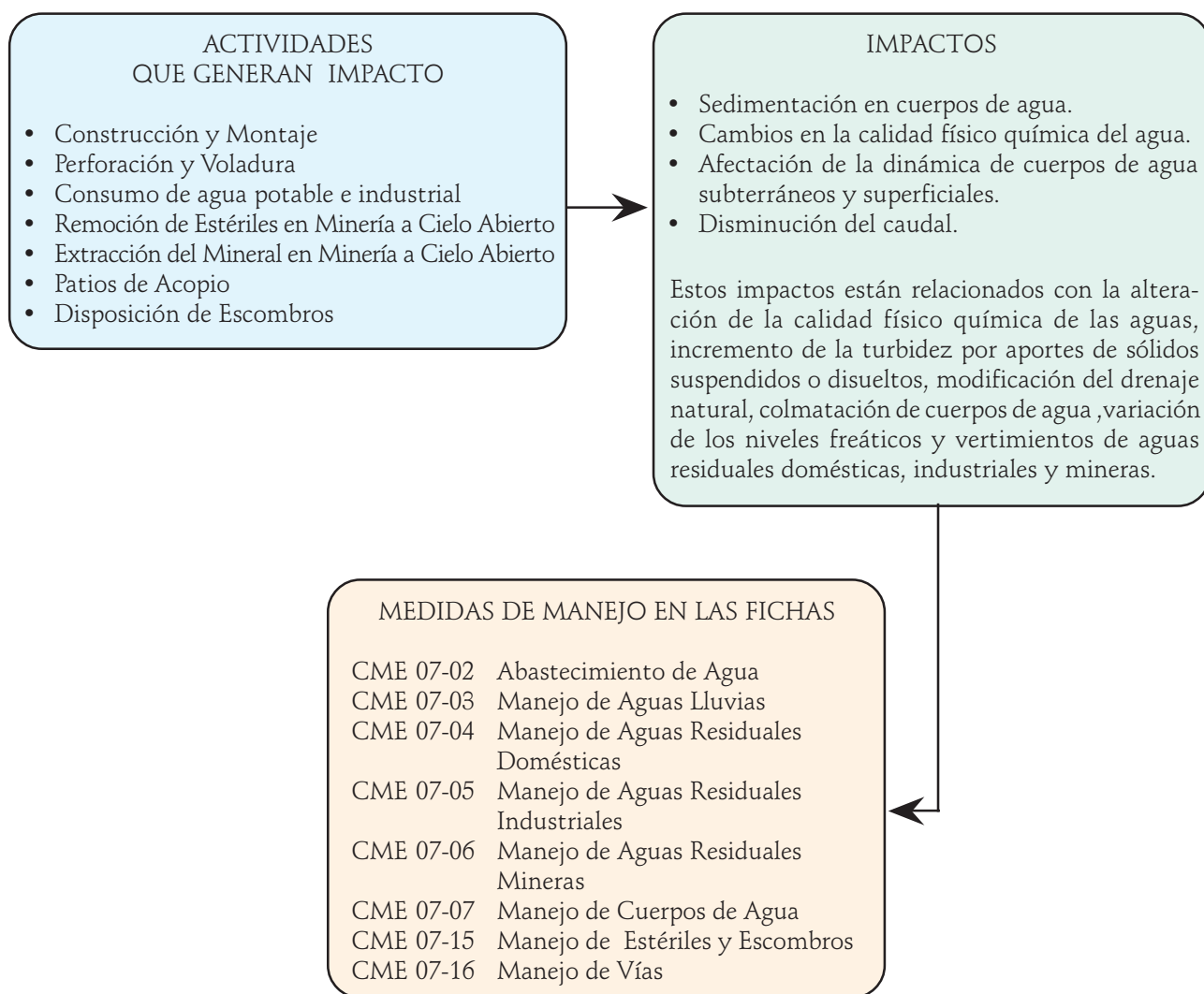
Tabla 6.4 Atributos para valoración del impacto ambiental como referente técnico. Fuente: Adaptado de Actividades de Exploración en Hidrocarburos. DNP 2001

### 6.3 Relación de Actividades, Impactos y Fichas de Manejo

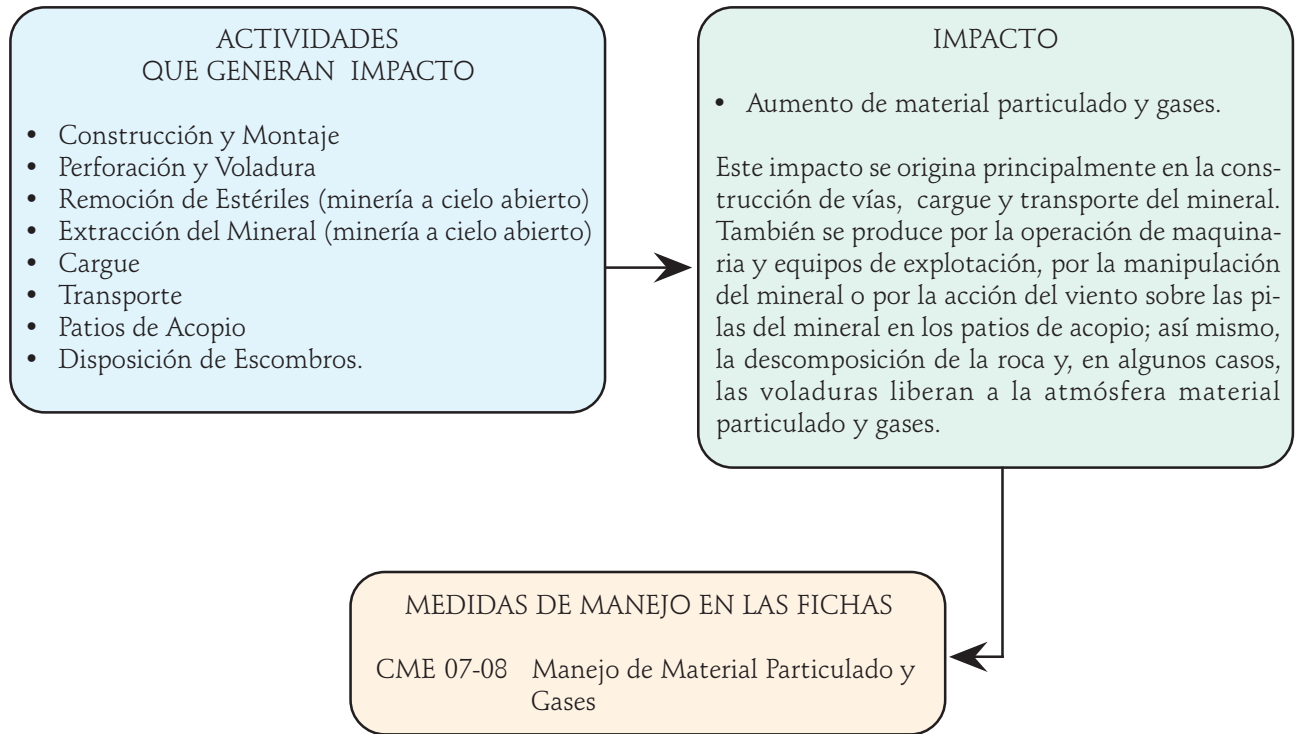
Se presenta una correlación entre las actividades que generan los impactos, los impactos mismos y las medidas de manejo, para las cuales se indica la ficha específica en lo referido a agua, material particulado, gases, ruido, suelo, erosión, hundimientos, flora, fauna,

generación de expectativas, afectación de infraestructura, cambios en el uso del suelo, patrimonio cultural, modificación del paisaje y aumento en la demanda de bienes y servicios. Estas medidas de manejo serán la base para la gestión ambiental que se realiza posteriormente hasta el seguimiento, monitoreo y evaluación. Se presenta a continuación las correlaciones en forma separada.

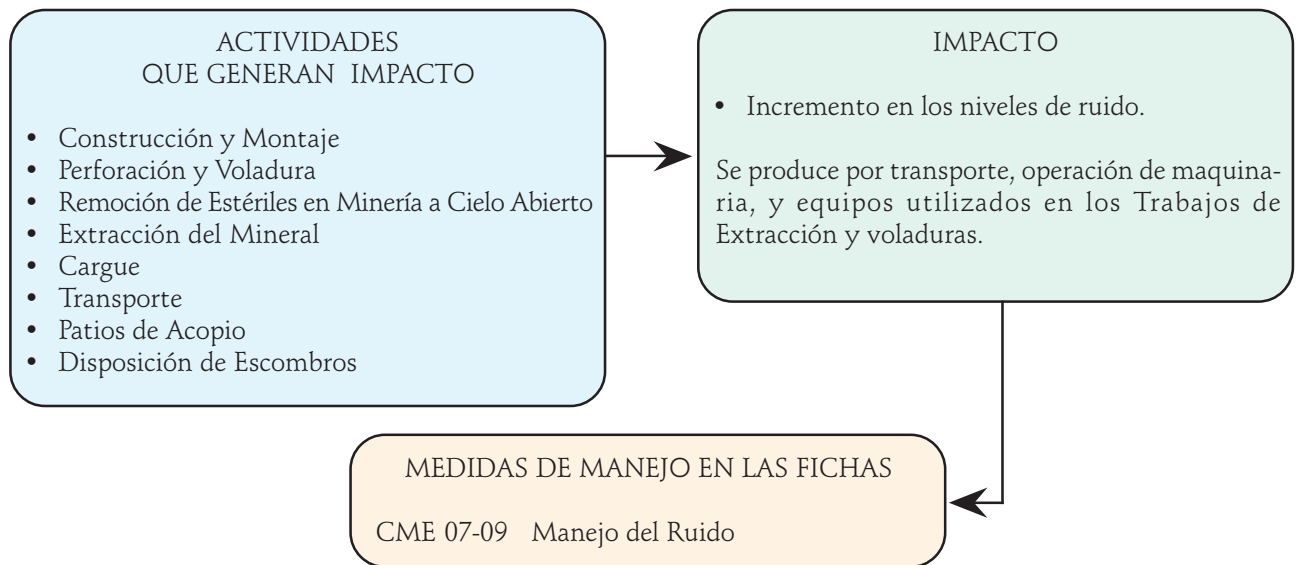
#### 6.3.1 Impactos en el Componente Agua



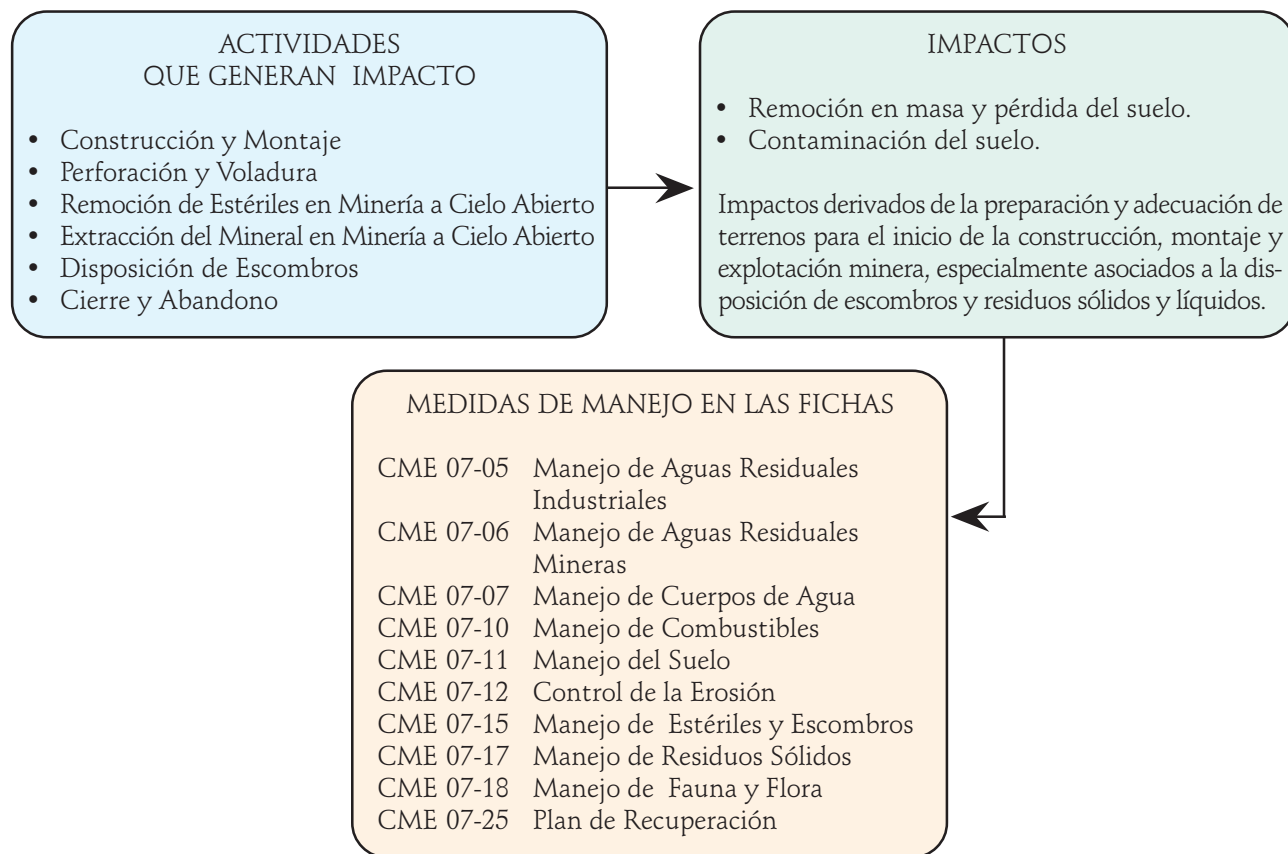
### 6.3.2 Impactos en el Componente Aire (Aumento Material Particulado y Gases)



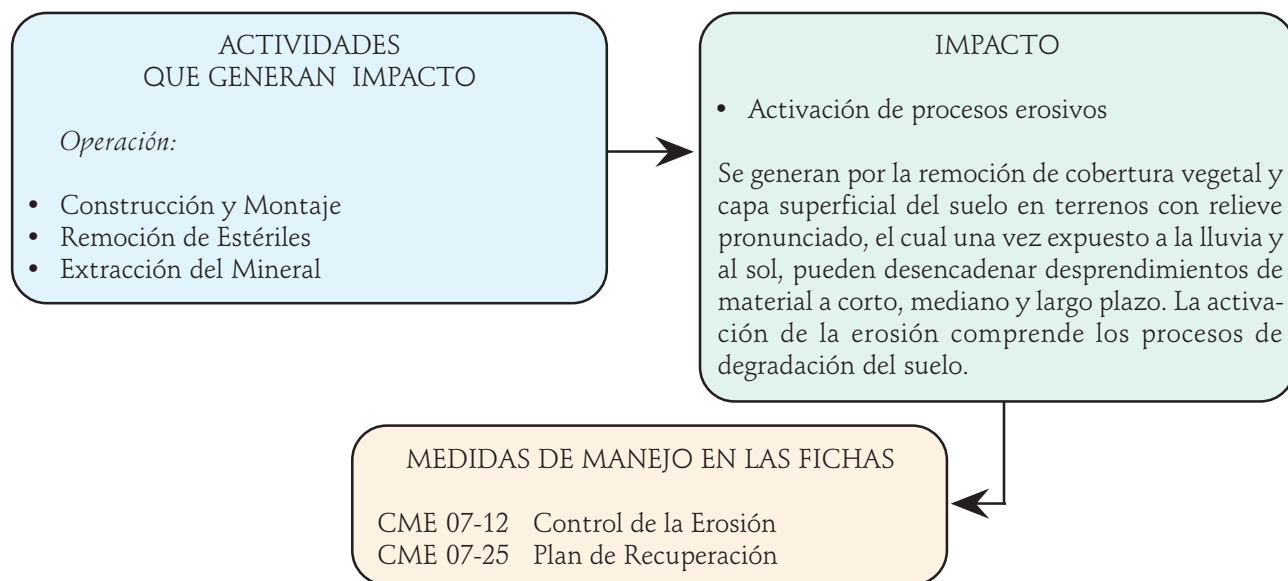
### 6.3.3 Impactos en el Componente Aire (Ruido)



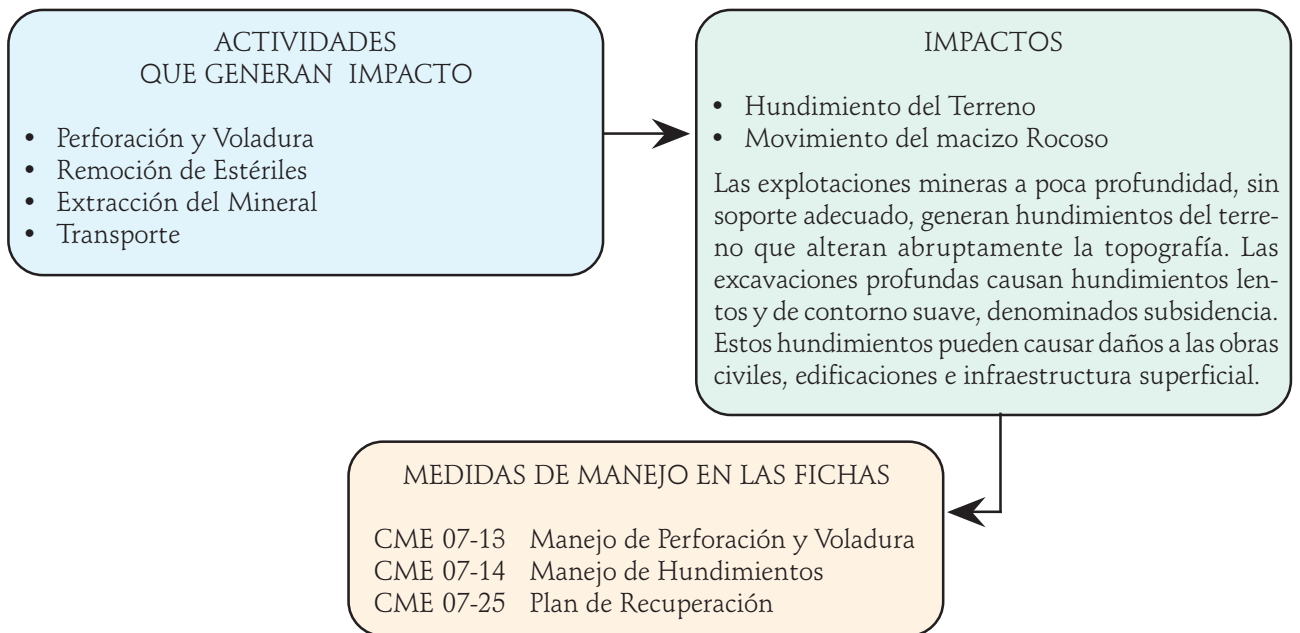
### 6.3.4 Impactos en el Componente Suelo



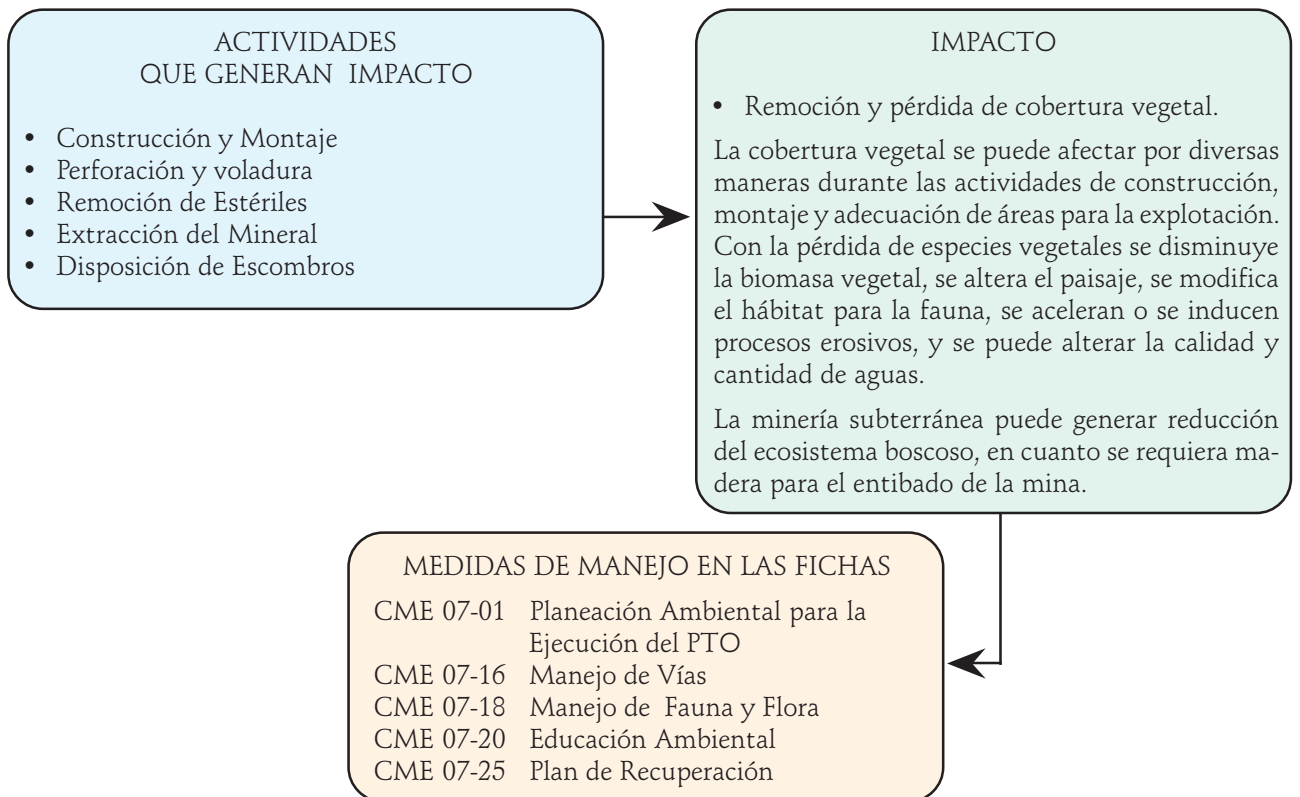
### 6.3.5 Impacto en el Componente Suelo (Activación de Erosión)



### 6.3.6 Impactos en el Componente Suelo (Hundimiento del Terreno)

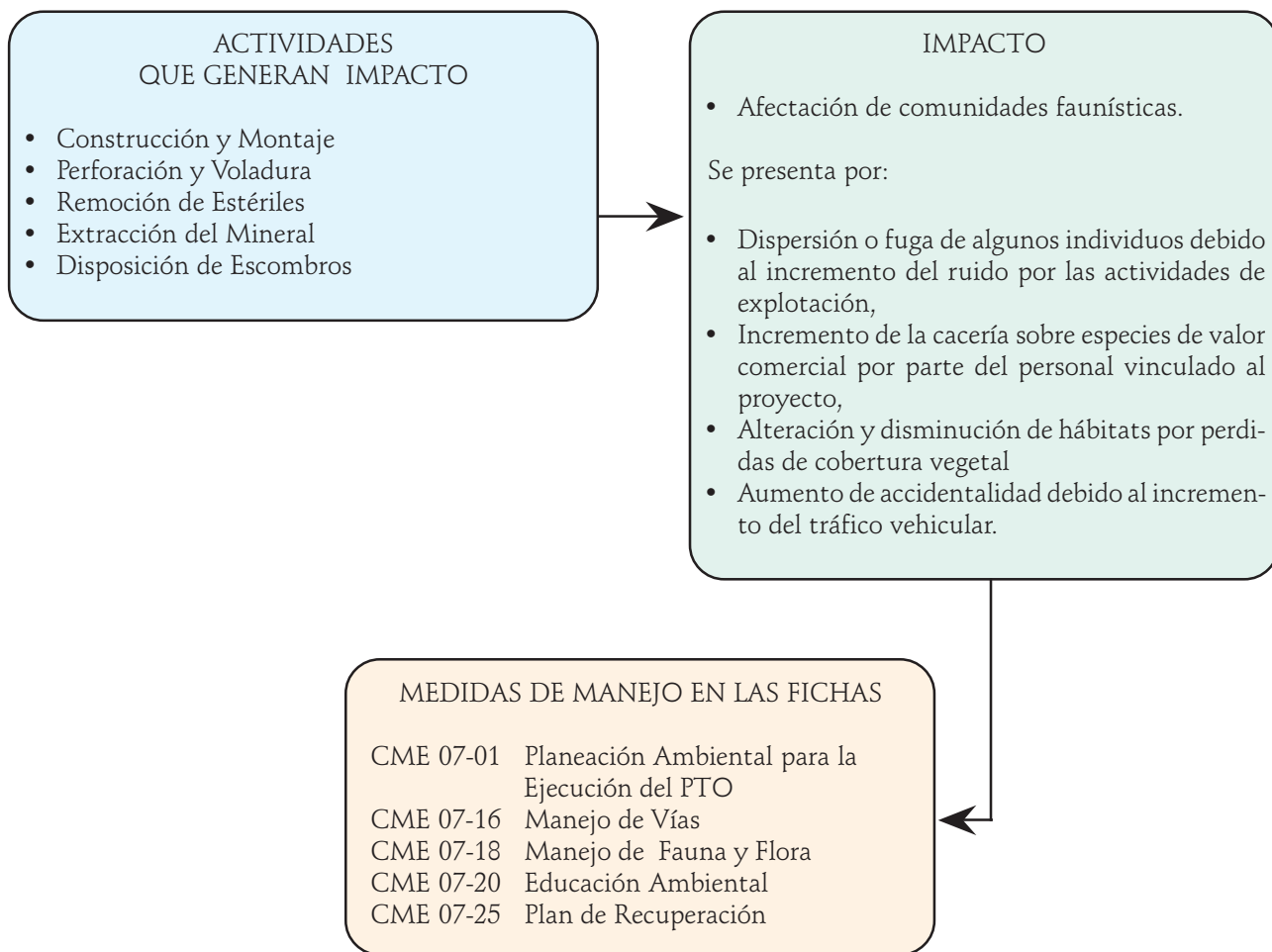


### 6.3.7 Impacto en el Componente Flora

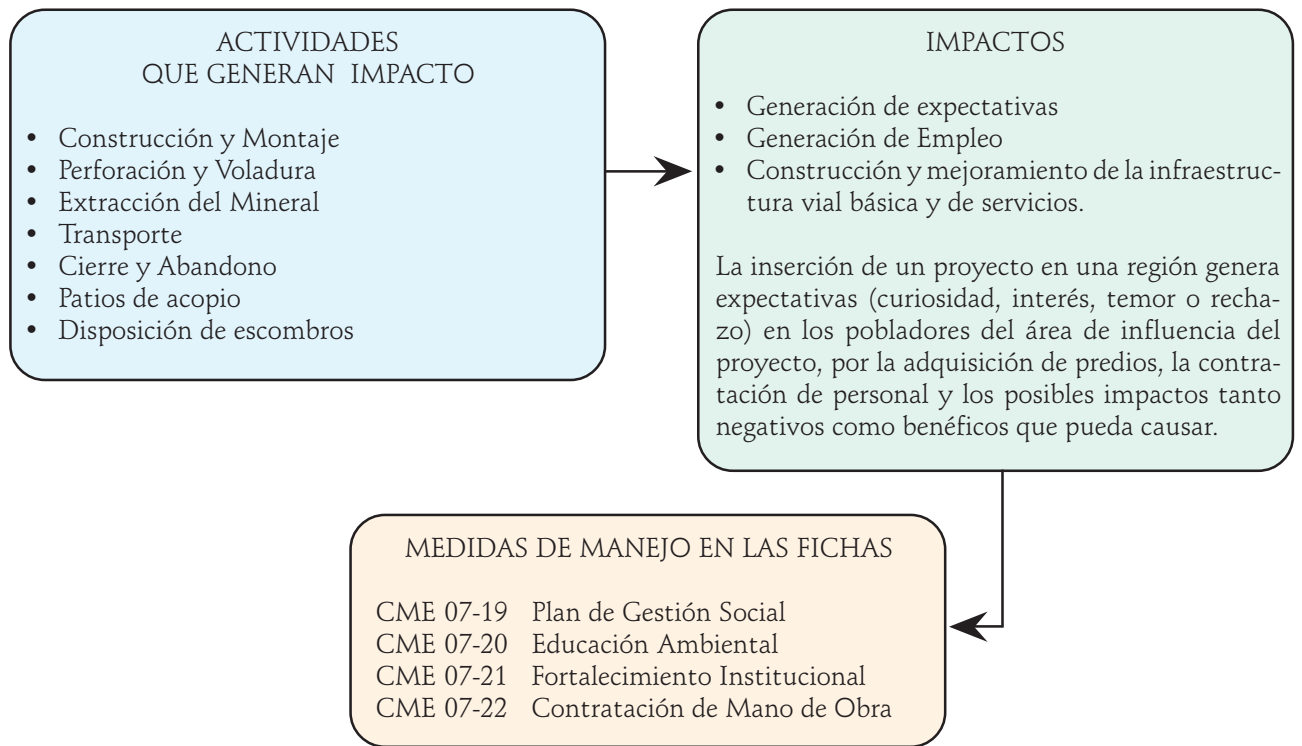




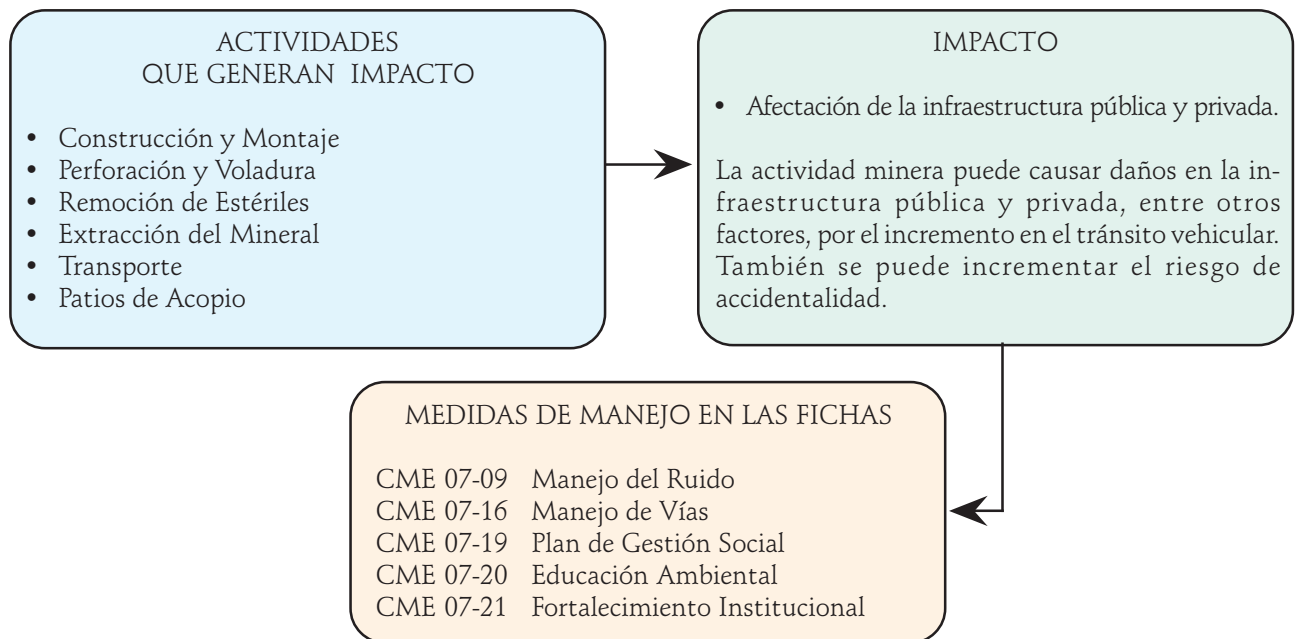
### 6.3.8 Impacto en el Componente Fauna



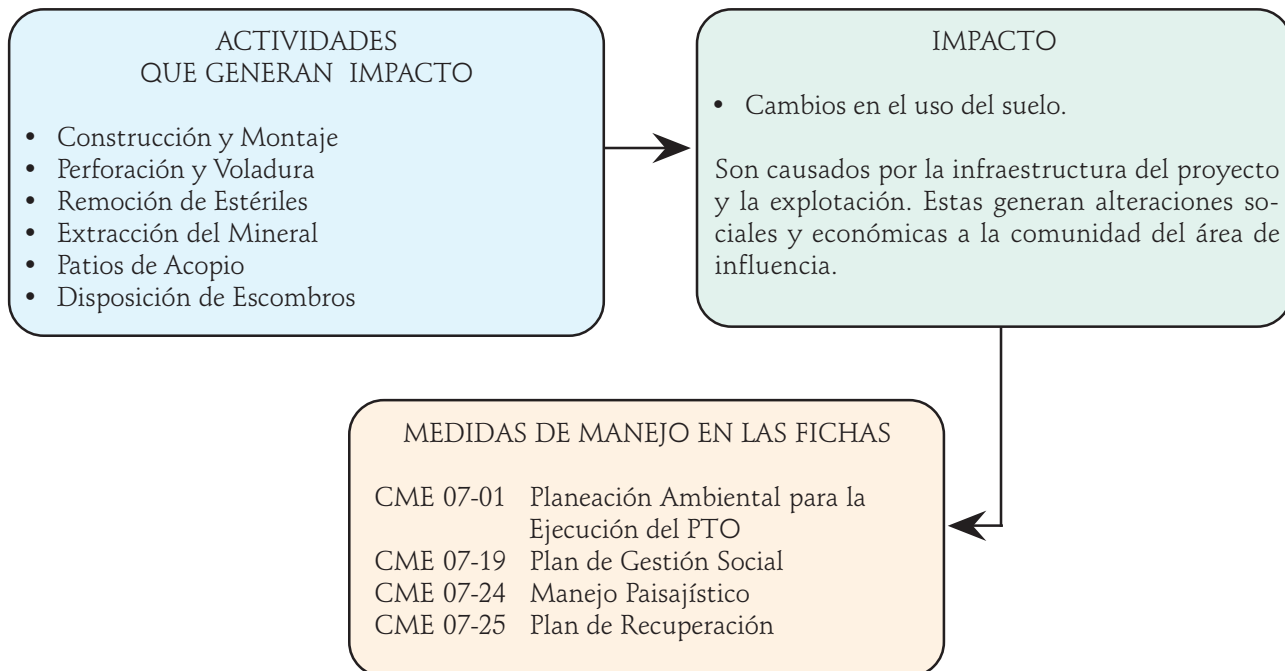
### 6.3.9 Impacto en el Componente Social (Generación de Expectativas)



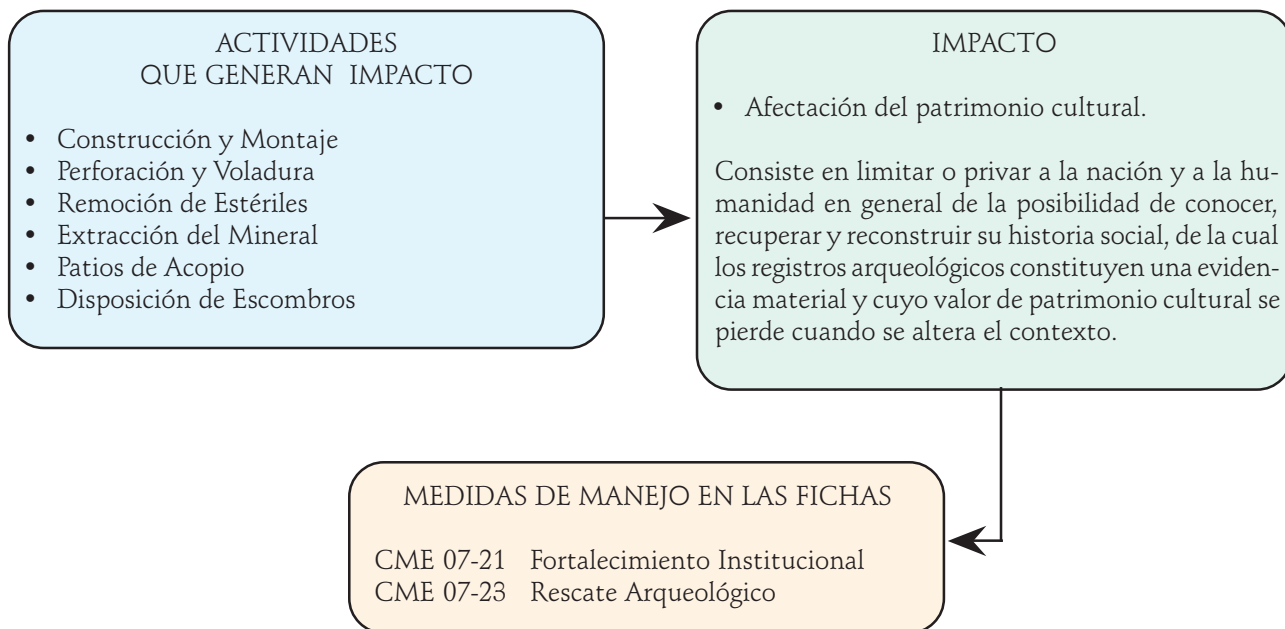
### 6.3.10 Impacto en el Componente Social (Afectación de la Infraestructura Pública y Privada)



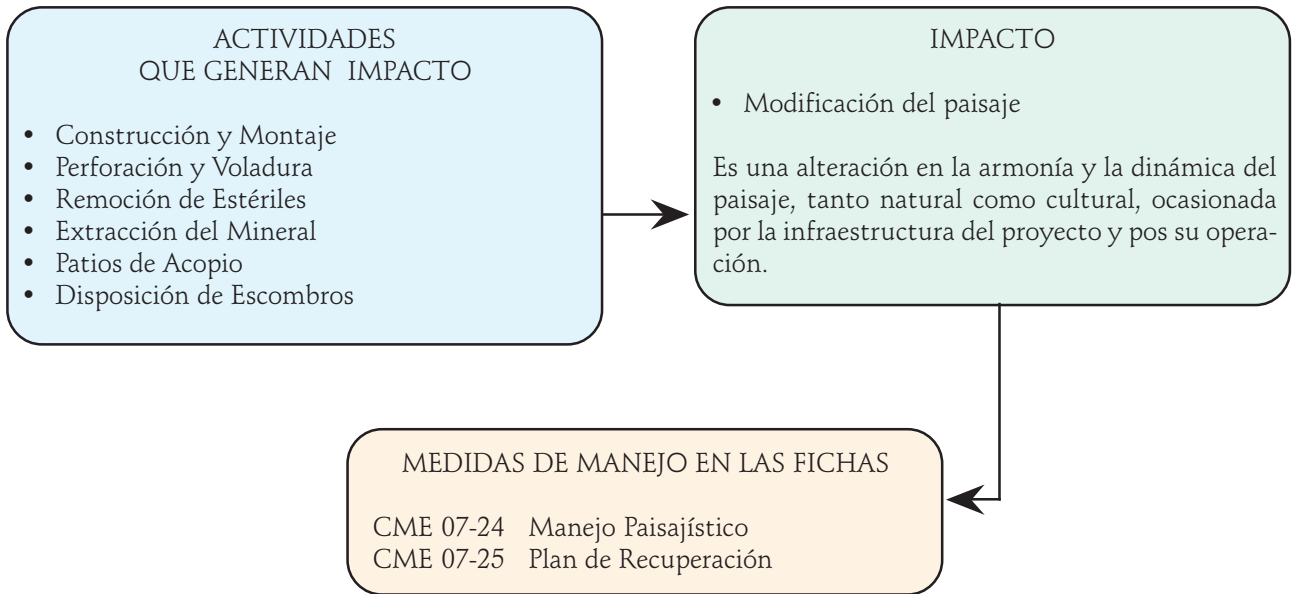
### 6.3.11 Impacto en el Componente Social (Cambios en el Uso del Suelo)



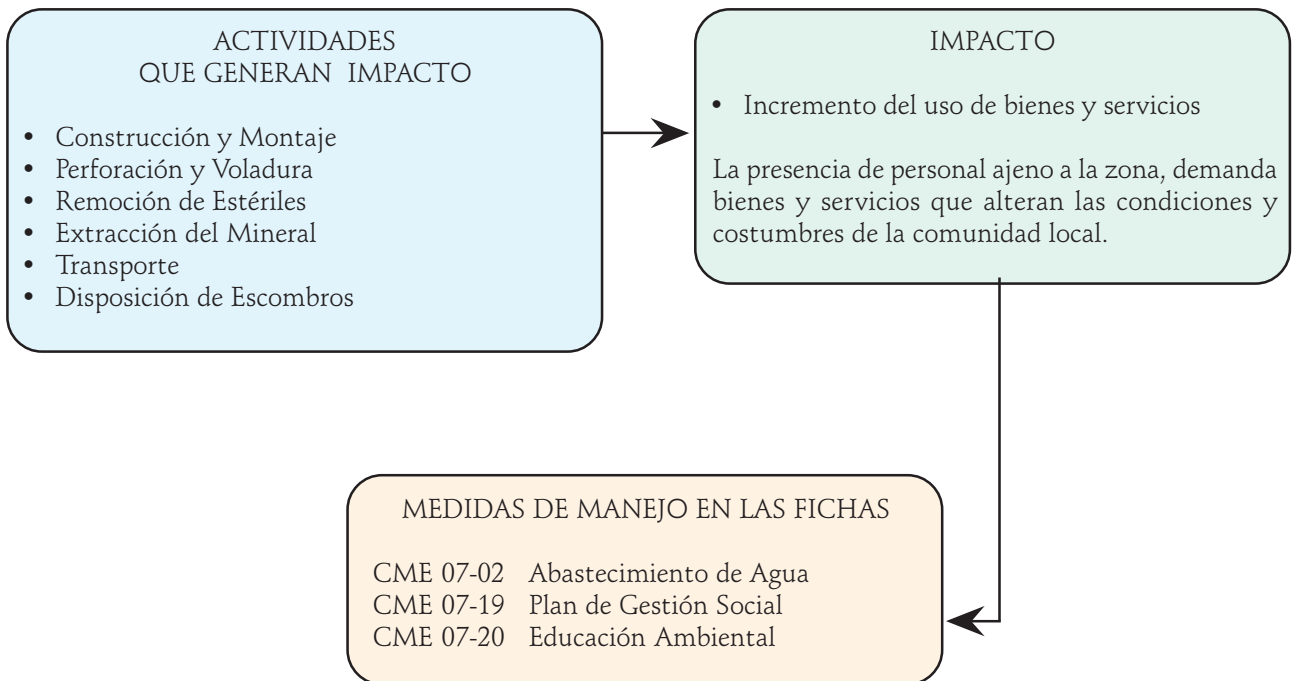
### 6.3.12 Impacto en el Componente Social (Afectación del Patrimonio Cultural)



### 6.3.13 Impacto en el Componente Social (Modificación del Paisaje)



### 6.3.14 Impacto en el Componente Social (Aumentos en la Demanda de Bienes y Servicios)



## CME 7

### Manejo de Impactos Ambientales

Se presentan las fichas de manejo para los componentes ambientales afectados y para las actividades específicas de Construcción y Montaje y Obras de Trabajo de Explotación, susceptibles de generar impactos. El concesionario minero adaptará y precisará las fichas que considere pertinentes de acuerdo a los impactos de su exploración particular para realizar un mejor proceso de gestión ambiental. En caso de manejos de impactos no previstos en la guía, el concesionario deberá diseñar la ficha y aplicarla a su proyecto. Cada una de las fichas están dispuestas de acuerdo a la tabla 7.1

No. FICHA	MANEJO ESPECÍFICO	No. FICHA	MANEJO ESPECÍFICO
CME 07-01	Planeación Ambiental para la Ejecución del PTO	CME 07-13	Manejo de Perforación y Voladura
CME 07-02	Abastecimiento de Agua	CME 07-14	Manejo de Hundimientos
CME 07-03	Manejo de Aguas Lluvias	CME 07-15	Manejo de Estériles y Escombros
CME 07-04	Manejo de Aguas Residuales Domésticas	CME 07-16	Manejo de Vías
CME 07-05	Manejo de Aguas Residuales Industriales	CME 07-17	Manejo de Residuos Sólidos
CME 07-06	Manejo de Aguas Residuales Mineras	CME 07-18	Manejo de Fauna y Flora
CME 07-07	Manejo de Cuerpos de Agua	CME 07-19	Plan de Gestión Social
CME 07-08	Manejo de Material Particulado y Gases	CME 07-20	Educación Ambiental
CME 07-09	Manejo del Ruido	CME 07-21	Fortalecimiento Institucional
CME 07-10	Manejo de Combustibles	CME 07-22	Contratación de Mano de Obra
CME 07-11	Manejo del Suelo	CME 07-23	Rescate Arqueológico
CME 07-12	Control de la Erosión	CME 07-24	Manejo Paisajístico
		CME 07-25	Plan de Recuperación

Tabla 7.1 Lista de fichas de manejo

**CME - 07 - 01**

***Planeación Ambiental para la Ejecución del PTO***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN	AJUSTE DE LOS DISEÑOS DEL PTO

**DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA**

El concesionario minero deberá armonizar la planeación de los Programas y Obras de Trabajo para la explotación, con las consideraciones ambientales de prevención del deterioro de los ecosistemas en el área de influencia. Por tal razón, en la planeación para la construcción y montaje de la infraestructura minera, el concesionario tendrá en cuenta las restricciones que establece el artículo 35 de la Ley 685 de 2001, y otros aspectos ecológicos como la sensibilidad ambiental del ecosistema, de acuerdo con la zonificación ambiental que se establezca. Para realizar, de una manera lógica, la planificación y el manejo ambiental de un proyecto minero se requiere fundamentalmente tener claridad y conocimiento de la naturaleza y las implicaciones de las actividades propias del proyecto; así como de las obligaciones y responsabilidades de carácter ambiental que se derivan de su ejecución. Por lo tanto, cada proyecto minero debe tener una organización a su interior, que tenga claros los procesos y componentes de su planificación ambiental y su ejecución, y considere la posibilidad de evaluarlo periódicamente con el objeto de mejorarlo y hacerlo cada vez más eficiente. Esta forma de trabajo se conoce como «Sistema de Gestión (o Manejo) Ambiental - SGA».

La gestión ambiental de todo proyecto minero se apoyará en algunos principios, entre los que se destacan los siguientes:

Optimización del uso de los recursos. Previsión y prevención de impactos ambientales. Control de la capacidad de absorción del medio de los impactos o control de la resistencia del sistema. Ordenación del territorio (MMA & MINERCOL, Guía Ambiental Carbón: Exploración, 2001). La gestión ambiental tiene además cuatro etapas, de naturaleza cíclica que son: planear, hacer, verificar y actuar. Figura 7.1.

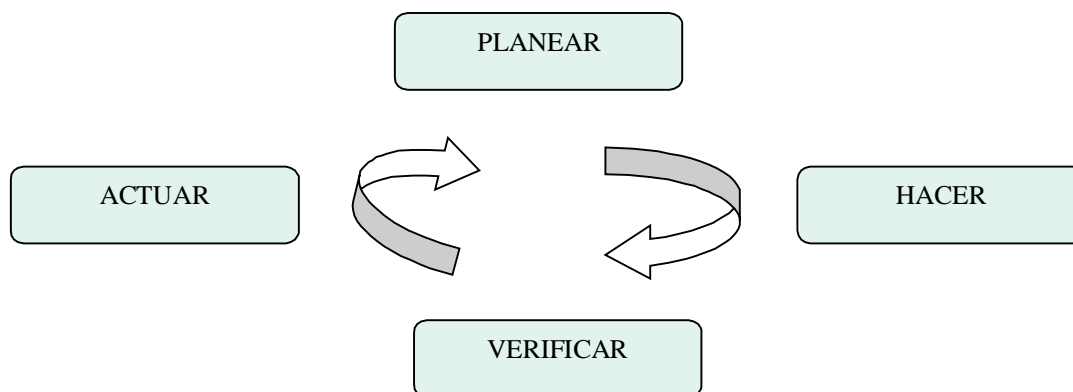


Figura 7. 1 Etapas para la actuación en la Gestión Ambiental



Además de los principios y etapas que se contemplan para la gestión ambiental de todo proyecto minero, se tienen cinco componentes que son: POLÍTICAS Y NORMATIVIDAD, ANÁLISIS AMBIENTAL, MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL, MONITOREO Y SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO. El COMPROMISO es el eje central de estos componentes porque aclara las responsabilidades ambientales del proyecto, y garantiza el éxito de las gestiones que se adelanten para mejorar las condiciones ambientales en las que se desarrolla la actividad. Los componentes se relacionan en la figura 7.2 y se detallan a continuación.

- **POLÍTICAS Y NORMATIVIDAD:** El Proyecto Minero necesita definir su política y los objetivos ambientales. El establecimiento de una política ambiental es una manera de hacer explícito el compromiso de la concesión minera con el cumplimiento de la normatividad y con la adopción de los mejores estándares de gestión ambiental, en concordancia con la viabilidad técnica y económica de la actividad. La política ambiental debe ser divulgada, conocida y aplicada por todos los niveles del proyecto minero. Se ajustará en la medida en que las condiciones de desarrollo institucional o cambios importantes en el entorno, así lo precisen.
- **ANÁLISIS AMBIENTAL:** La etapa de planificación y análisis ambiental como parte del SGA requiere la precisión del conocimiento del entorno. Este comprende la descripción de las características ambientales del área a intervenir, la identificación del estado actual de las componentes del medio biofísico (atmósfera, agua, suelo, vegetación, fauna, y paisaje) y del medio socioeconómico, y la identificación de áreas ambientalmente sensibles, críticas, o protectoras. El análisis ambiental requiere además la descripción del proyecto, en lo que se refiere a sus componentes estructurales y funcionales, las fases de desarrollo y las alternativas para su ejecución. Por último, se debe precisar la evaluación ambiental, en la que se identifican cada uno de los impactos generados por las actividades del proyecto.

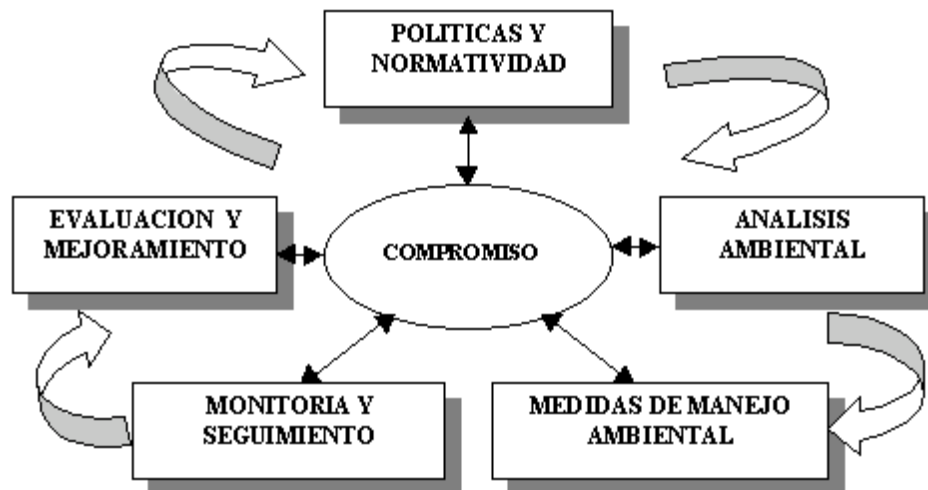


Figura 7.2 Estructura típica del sistema de gestión ambiental  
(Fuente: MMA & MINERCOL, Guía Ambiental Carbón: Exploración, 2001)

- *MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL:* Para la ejecución de las medidas de manejo ambiental es necesaria una estructura orgánica y funcional articulada a la organización del proyecto minero, con el fin de definir las instancias de dirección, coordinación y ejecución del SGA, así como la asignación de responsabilidades y el establecimiento de líneas de dirección e interacción. Una vez definida la estructura organizacional y, teniendo como referencia los objetivos del PMA, podrán asignarse recursos, establecerse procedimientos, flujos de comunicación, y controles operativos, y definirse los sistemas de soporte para cada nivel de la organización del SGA.

También es necesario que se dote al SGA de los recursos humanos, físicos y financieros para el logro de los objetivos propuestos. El aprovisionamiento de recursos deberá estar soportado en presupuestos elaborados con base en las actividades a ejecutar y sus requerimientos de personal, materiales, equipos, insumos y otros.

- *MONITOREO Y SEGUIMIENTO:* Se hará un programa de monitoreo que comprende la evaluación sistemática de los componentes ambientales, con el fin de conocer su evolución y revisar las medidas de manejo ambiental, para anticipar el control de comportamientos anómalos y confrontar el cumplimiento de la normatividad ambiental. Igualmente se recomienda, como parte del proceso de seguimiento, y de conformidad con su duración y la extensión del área a investigar, la realización periódica de Auditorías Ambientales para determinar si el Sistema de Gestión Ambiental ha sido implementado y mantenido de acuerdo a lo planeado.
- *EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO:* La evaluación de la gestión ambiental implica la revisión y el mejoramiento de los planes y programas ambientales que conforman el SGA. Se recomienda que la empresa, con una frecuencia acorde a la duración y tamaño del proyecto, proceda a: revisar los objetivos y metas ambientales, revisar el desempeño de sus planes y programas, y analizar y adoptar las recomendaciones generadas a raíz de las auditorías ambientales. Con base en lo anterior analizará la necesidad de ajustar los planes y programas ambientales para adaptarlos a probables cambios en la legislación ambiental, las expectativas y requerimientos socioeconómicos del sector minero, los avances en la ciencia y la tecnología, las lecciones aprendidas en incidentes ambientales y las recomendaciones contenidas en reportes y comunicaciones.

El mejoramiento se alcanza mediante la continua evaluación del desempeño de los planes y programas ambientales, comparándolos contra los objetivos y metas, con el propósito de identificar oportunidades de ajustes y determinar la causa de las deficiencias.

La planeación ambiental para la ejecución del PTO también tendrá en cuenta los aspectos específicos para la selección de sitios óptimos para construcción, montaje y explotación, incluyendo las obras de infraestructura y transporte. En la planeación para el montaje del proyecto minero se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Áreas que se deben descartar, o evitar, para la construcción, montaje, y trabajos relacionados con la explotación
- Sitios con pendientes excesivas, propensas a la erosión
- Zonas de riesgo definidas por los entes territoriales
- Zonas boscosas primarias e intervenidas de alta importancia ecológica
- Áreas de uso recreativo.
- Áreas de valor paisajístico, histórico, cultural y de importancia arqueológica.
- Áreas donde se localicen asentamientos humanos, que impliquen desplazamiento de población
- Territorios de grupos étnicos.
- Sitios con humedad excesiva e inestables

CME - 07 - 02

**Abastecimiento de Agua**

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN	CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y EXTRACCIÓN
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Se debe definir y dotar al proyecto de un sistema de abastecimiento de agua potable e industrial en cantidades adecuadas durante las diferentes fases de ejecución del proyecto. El suministro de agua potable debe garantizarse para todas las personas que vayan a ocupar las instalaciones del proyecto minero. De igual forma, el suministro de agua industrial debe atender las necesidades para el lavado del equipo pesado, aseo de oficinas e instalaciones, riego de jardines y sembrados, y actividades propias de la explotación minera. Se debe realizar un estimativo del volumen total de agua, tomando como base un consumo promedio por persona y teniendo en cuenta las condiciones locales y las necesidades reales industriales, con el fin de garantizar un suministro adecuado del líquido en términos de calidad y cantidad requeridos.

Se deberá hacer un inventario de las posibles fuentes de captación de agua. La exploración de fuentes de abastecimiento incluye cuerpos de agua superficial o subterránea y aguas corrientes o estáticas. En la fuente seleccionada se hará un aforo de caudal en uno ó más sitios de captación posible. Si se trata de acuíferos, se hará una valoración de la capacidad de suministro, de acuerdo con las características de la formación geológica y tipo de acuífero, susceptible de ser aprovechado. Se hará una revisión de los registros históricos de caudal (si existen), o en su defecto, se hará por extrapolación, con el fin de establecer el régimen anual e interanual de caudales.

En el caso de utilizar como fuente de agua potable un sistema de tratamiento propio, se realiza un muestreo de aguas para su análisis físico, químico y bacteriológico, con el fin de establecer las probabilidades de utilización de éstas para su potabilización. El muestreo servirá de base para la realización del diseño conceptual del sistema de abastecimiento de agua potable, considerando: fuente y sistema de captación, unidades de tratamiento, y sistema de almacenamiento y distribución. Así mismo, de acuerdo con los volúmenes de agua requeridos y los resultados del muestreo, se selecciona el sistema de potabilización más adecuado.

Cualquiera que sea el sistema seleccionado, deberá proveerse, en todo caso, de un método para el tratamiento de lodos provenientes de las extracciones o purgas efectuadas en la decantación (cuando ésta exista), y del lavado de los filtros de la planta.

Se realizarán los diseños de ingeniería para la captación, conducción, potabilización, almacenamiento y red de distribución del agua. Los criterios a considerar para el diseño del sistema de potabilización serán: el período de diseño (vida útil de estructuras y equipos y posibles extensiones y readecuaciones), la población de diseño (número de personas requeridas para la ejecución del proyecto minero), el flujo de diseño (caudales mínimos que suplan las necesidades del proyecto minero), el manual de operación del sistema (que incluirá rutinas de supervisión, mantenimiento de las áreas de captación, fuentes de abastecimiento y de infraestructura de tratamiento y distribución), el programa de control de calidad del agua (sitios de muestreo y formas de análisis, basados en las normas de calidad del agua) y la asignación de responsabilidades (funcionarios responsables y sus funciones claramente definidas en la ejecución de la gestión ambiental del manejo del agua). En el caso de las

aguas industriales se determinará el tipo de almacenamiento y, si se requiere tratamiento, se realizarán los respectivos diseños. La figura 7.3 muestra las fases operativas en una planta de tratamiento de agua potable. Dichas fases deberán tenerse en cuenta para los diseños de ingeniería, manejo y control.

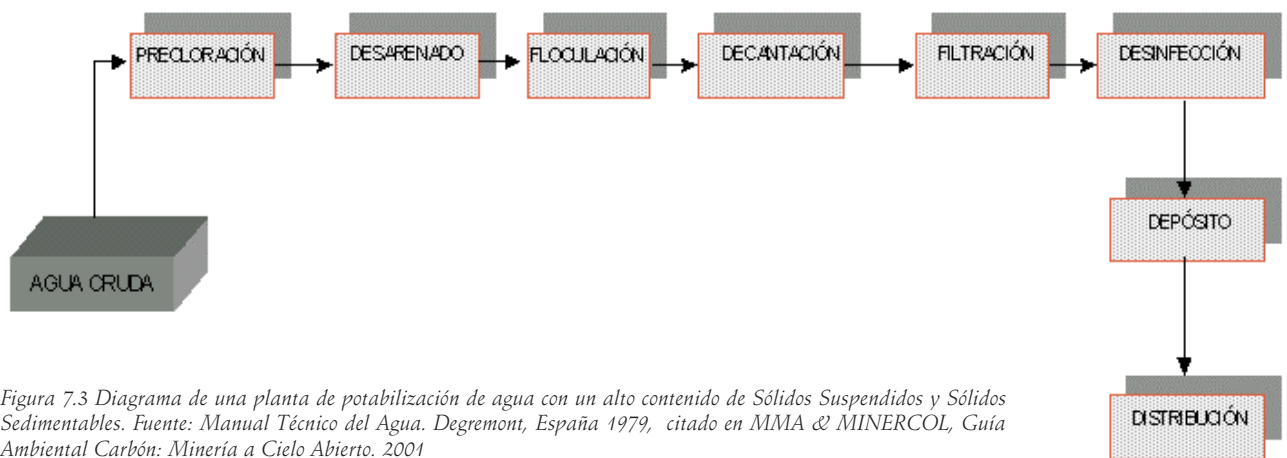


Figura 7.3 Diagrama de una planta de potabilización de agua con un alto contenido de Sólidos Suspendidos y Sólidos Sedimentables. Fuente: Manual Técnico del Agua. Degremont, España 1979, citado en MMA & MINERCOL, Guía Ambiental Carbón: Minería a Cielo Abierto. 2001

### CME - 07 - 03

#### Manejo de Aguas Lluvias

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, CORRECCIÓN Y MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Escombros</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Las aguas lluvias se deben manejar prioritariamente a través de su control y conducción en lugares críticos, mediante la construcción y mantenimiento de obras de drenaje como cunetas, entre otras. Simultáneamente, se debe realizar una campaña de capacitación y difusión para desarrollar la conciencia de las personas relacionadas con el proyecto minero, sobre la necesidad del manejo adecuado de los recursos hídricos y el medio ambiente.

Para el manejo de las aguas de escorrentía del campamento se tendrán en cuenta los siguientes principios básicos:

- Los campamentos deben ubicarse de manera que no obstruyan la red natural de drenaje del área donde se construye, o si es necesario para el proyecto, conducir dichas redes de manera adecuada.
- Las aguas lluvias que caen sobre el campamento tendrán un sistema de manejo independiente que evite su contaminación, y serán dispuestas directamente al ambiente.
- Para garantizar el correcto manejo de las aguas lluvias, especialmente en zonas de ladera, se construirá un canal interceptor sobre el perímetro de la instalación. La figura 7.4 muestra cunetas típicas.

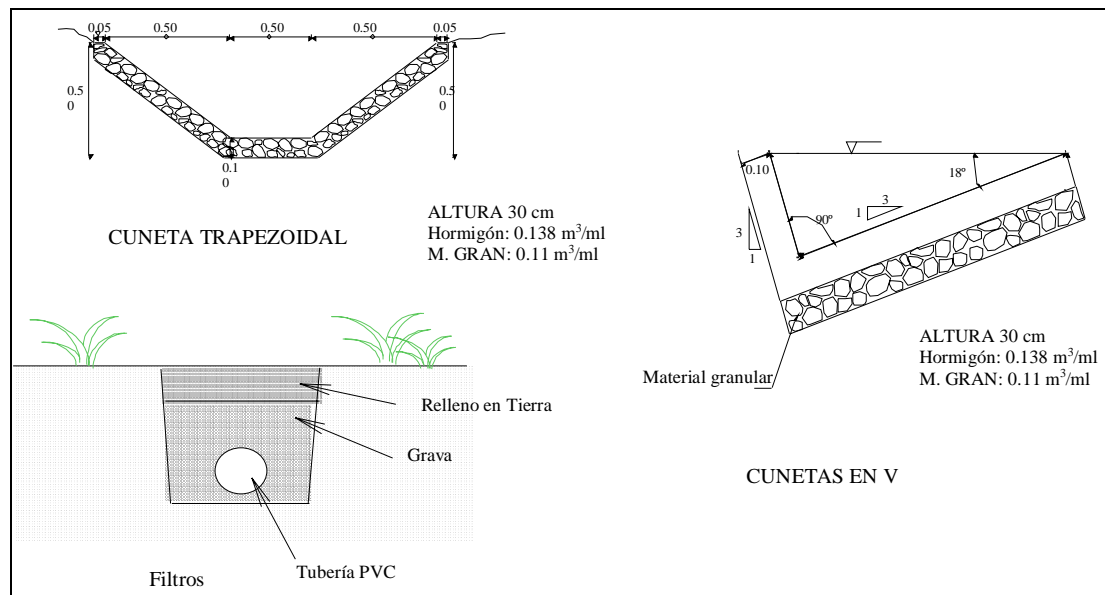


Figura. 7.4 Esquema Típico de Obras de Drenaje - Fuente: Guía Ambiental para Redes de Distribución

## CME - 07 - 04

### Manejo de Aguas Residuales Domésticas

#### TIPO DE MEDIDA

PREVENCIÓN, CORRECCIÓN  
Y MITIGACIÓN

#### MOMENTO DE EJECUCIÓN

- Construcción y Montaje
- Perforación y Voladura
- Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto
- Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto
- Patios de Acopio
- Disposición de Escombros

#### DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA

El manejo y control de las aguas residuales domésticas se realiza para el campamento base; se plantean como sistemas de tratamiento la utilización de un tanque séptico con campo de infiltración (tabla 7-1 y figura 7-5), un pozo de absorción, un filtro en grava u otro sistema que permita el manejo adecuado de aguas residuales.

Si existen aguas residuales industriales o mineras, el concesionario determinará, de manera particular, su manejo.

Los sistemas de tratamiento de las aguas residuales deben construirse antes de habitar el campamento. Para la selección del sistema a emplear se debe tener en cuenta:

- Características del lugar en el cual se va a instalar el sistema de tratamiento (geográficas, pendientes, potencial de inundación, estructuras existentes, paisaje, entre otros).
- Capacidad de asimilación hidráulica: se refiere a la capacidad del terreno para captar agua. Esta capacidad depende de la permeabilidad del estrato subyacente, de la situación y pendiente del nivel freático, de la pendiente de la superficie del terreno y de las características hidráulicas del lugar.

- Necesidades de tratamiento de las instalaciones: En términos generales estos sistemas brindan un tratamiento primario al agua residual doméstica, con un alto grado de tratamiento de DBO, sólidos suspendidos y coliformes.

Diseño del sistema de tratamiento: se basa en la capacidad de asimilación del suelo y los caudales producidos en las instalaciones. Los caudales de diseño se estiman con base en la ocupación prevista de la estación de servicio y las características de consumo de agua. Si no se conocen datos reales del consumo de agua por persona se puede emplear un valor base de 210 litros/persona/día.

En la primera etapa del sistema de tratamiento se utiliza una trampa de grasas que permite hacer remoción de las mismas (tabla 7-2 y figura 7-2). Con el efluente resultante se pasa a la estructura séptica seleccionada, en la cual se llevan procesos de digestión y decantación de aguas. Mediante un digestor percolador de lecho fijo (filtro anaeróbico) en donde se produce la descomposición final de materia orgánica. Finalmente el efluente del filtro pasa por un campo de infiltración y lo dispone en el suelo mediante una serie de zanjas convenientemente localizadas donde el agua se percola permitiendo su oxidación y disposición final.

A continuación se presenta la descripción de tratamiento de aguas residuales que incluye trampa de grasas, tanque séptico y filtro anaeróbico, (Figura 7.6) tomada de la guía de Exploración para Carbón, 2001.

### TRAMPAS DE GRASAS

Función: Permitir por medio de una cámara en la parte superior de la caja, la separación de grasas y su posterior remoción por flotación.

Diseño: La trampa se diseña según el número de personas servidas. En la Tabla 7-2 se muestran algunas dimensiones tipificadas.

POBLACIÓN	DIMENSIONES APROXIMADAS -TRAMPA DE GRASAS-		
No. PERSONAS	A (m)	B (m)	H (m)
10	0,50	0,45	0,75
20	0,50	0,50	0,80
30	0,55	0,55	0,85

Tabla 7.1. Dimensiones de trampas de grasas

La construcción de estructuras sépticas debe realizarse de acuerdo a estándares de calidad, de forma que garanticen resistencia a compresión, corrosión e impermeabilización. Debe construirse en concreto, con base en recebo convenientemente compactado y con grosor y espesor adecuados.

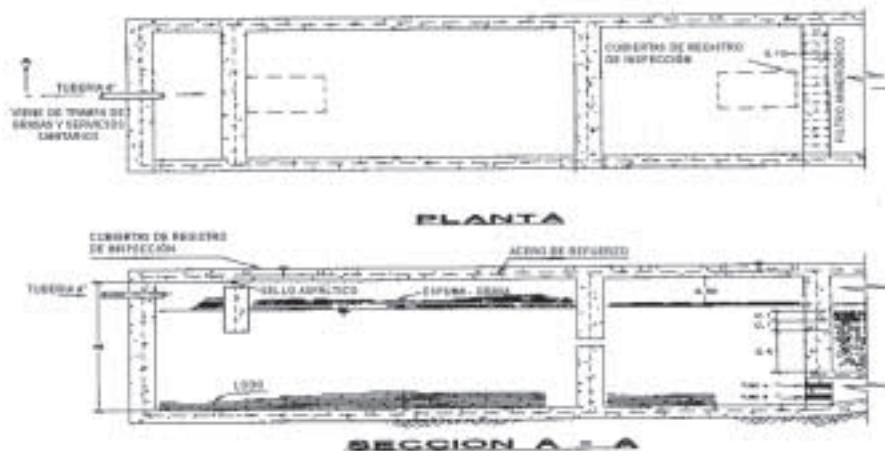


Figura. 7.5 . Tanque séptico (MMA & MINERCOL, Guía Ambiental Carbón: Carbón, 2001.)



## TANQUE SÉPTICO

**Función:** En cámaras separadas del tanque se llevan a cabo la digestión y la decantación del efluente. El período de retención está comprendido entre 1 y 3 días, durante los cuales, los sólidos se sedimentan en el fondo del tanque. Allí tiene lugar una digestión anaeróbica, ayudada por una gruesa capa de espuma que se forma en la superficie del líquido. Se logra así la retención de sólidos biodegradables contenidos en el material orgánico.

**Diseño:** En el Tabla 7-2 se presenta el dimensionamiento básico según el número de personas servidas, y en la Figura 7-5 se muestra un esquema del mismo. Para el diseño de tanques sépticos en campamentos se tiene un caudal de diseño básico de 95 Litros/persona/día.

No. de Personas	Capacidad líquida	Dimensiones recomendadas					Capacidad total
	Nominal del tanque	Ancho	Largo		Profundidad		
	(Litros)	A (m)	L1 (m)	L2 (m)	LíquidaD (m)	Total H (m)	Litros
Hasta 10	1500	0.7	1.3	0.6	1.2	1.5	2000
20	2250	0.9	1.3	0.7	1.3	1.6	2880
30	3000	1.0					

Tabla 7-2. Diseño de tanques sépticos para campamentos

## FILTRO ANAERÓBICO

**Función:** Permite la descomposición final de la materia orgánica carbonácea.

**Diseño:** El filtro anaeróbico es un tanque de concreto o ladrillo, alimentado por el fondo a través de una cámara difusora. El efluente entra a través de esta y sube por entre los intersticios dejados por el agregado, formando una película biológicamente activa que degrada una parte importante de la materia orgánica. Con este sistema, la eficiencia en remoción de DBO5 es altamente dependiente de la temperatura, que en general podría ser del orden de 70%.

Para el dimensionamiento de la unidad se usará un volumen unitario de filtro de 0,05 m<sup>3</sup> por habitante servido, o los valores de la tabla 7-3.

El filtro tendrá una capa de fondo de 40 cm de grava gruesa y una capa superior de arenas gruesas y gravas finas de 10 cm de espesor. En consecuencia, la profundidad del lecho será de 0,60 m.

Las dimensiones para el filtro anaeróbico se presentan en el Tabla 7-4. En la Figura 7-6 se muestra un esquema del mismo.

No. de personas	Volumen (m <sup>3</sup> )	Ancho A (m)	Largo L (m)	Profundidad h (m)
10	0.50	0.70	1.20	0.60
20	1.00	0.90	1.85	0.60
30	1.50	1.00	2.50	0.60

Tabla 7-3. Dimensionamiento del filtro anaeróbico

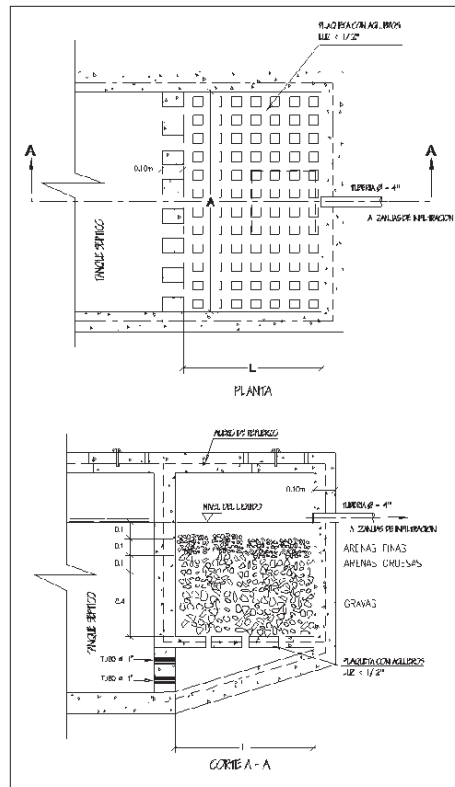


Figura. 7.6 . Filtro anaeróbico

## CAMPO DE INFILTRACIÓN

*Función:* Percolar en el subsuelo el efluente a tratar, permitiendo así su oxidación y disposición final. El área de infiltración se calcula en metros cuadrados de suelo, según el caudal efluente del tanque séptico, se considera que la percolación. Se lleva a cabo en una zanja de sección rectangular y que se produce en la base cuando se utiliza como infiltración, para lo cual se toman en cuenta los valores de la tabla 7.4

Tasa de infiltración (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> - día)	No. de personas	Caudal (m <sup>3</sup> /día)	Área de infiltración (m <sup>2</sup> )
0.030	10	0.95	31.7
	20	1.90	63.3
	30	2.85	95.0
0.040	10	0.95	23.8
	20	1.90	47.5
	30	2.85	71.3
0.050	10	0.95	19.0
	20	1.90	38.0
	30	2.85	57.0
0.060	10	0.95	15.8
	20	1.90	31.7
	30	2.85	47.5

Tabla 7-4 . Dimensionamiento de áreas de infiltración

## CME - 07 - 05

*Manejo de Aguas Residuales Industriales*

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, CORRECCIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Escombros</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Las medidas generales para el manejo de aguas residuales industriales están relacionadas con la racionalización del consumo del agua para la disminución de los caudales, los requerimientos legales de remoción de contaminantes, y la capacidad de asimilación de la corriente receptora. No podrán verterse o dejar que se infiltren residuos líquidos industriales sin tratar en cuerpos de agua naturales, superficiales o subterráneos. Por lo tanto, se identificarán las actividades y sitios que generen aguas residuales industriales, y se diseñarán las sistemas de tratamiento adecuados.

El diseño de sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales tendrá en cuenta las características de los efluentes. Podrán utilizarse métodos sedimentadores, desarenadores o por enfriamiento, entre otros. Para minimizar el vertimiento, el diseño contemplará el reuso, la recirculación y la implementación de campañas de educación ambiental que enfatizan en la racionalización del uso del agua, los disolventes y las sustancias desengrasantes.

Así mismo debe realizarse una ubicación apropiada para los lugares de vertimiento, identificando primero las captaciones que existan para consumo humano, para riego agrícola y para ganado. El control para los vertimientos líquidos industriales se harán con base en el control de sólidos y temperatura, pues son los parámetros de mayor importancia en la industria minera.

Las aguas residuales industriales vienen acompañadas de elementos sólidos. Dichos elementos se controlarán por medio de desarenadores y sedimentadores.

El control de residuos líquidos especiales, corresponde más al manejo preventivo y al ciclo de vida de los mismos, que a diseños específicos. Las aguas residuales generadas en los talleres o en lavaderos de vehículos y maquinaria deberán recibir un tratamiento primario por desarenado, retención de aceites, grasas y flotantes en general, antes de ser dispuestas o vertidas. También deben tenerse en cuenta los períodos de almacenamiento, transporte, señalización e identificación de los residuos líquidos especiales; dado que, frente a una mala programación las aguas residuales se verán cargadas de gran cantidad de estos.

Los sitios para almacenamiento de residuos líquidos especiales deberán estar protegidos de la afluencia de las aguas lluvias y por fuera de las áreas inundables. Deben estar bien ventilados, dotados de extintores adecuados, alejados de instalaciones industriales, subestaciones eléctricas y de la disposición de residuos sólidos. Deben ser de fácil y rápido acceso y el piso debe ser duro e impermeable. El almacenamiento de todos los residuos líquidos especiales debe ser controlado.

Los residuos que no puedan ser reciclados o reutilizados podrán ser dispuestos para combustión en el horno, ya sea por el quemador principal o por sistemas auxiliares, puros o en mezclas, cumpliendo el porcentaje de mezcla autorizado en las normas vigentes.

Cuando se presenten derrames de estos residuos se preferirá el uso de materiales absorbentes para su control y recolección. Se podrá utilizar caliza y otra materia prima seca, triturada o molida, la cual se podrá reintegrar al proceso o disponer como residuo sólido.

Los recipientes que hayan contenido residuos especiales no podrán ser utilizados para almacenar otras sustancias, principalmente agua o alimentos. Estos recipientes pueden ser utilizados para almacenar otros residuos líquidos, o destinados a la recolección o almacenamiento temporal de residuos sólidos o cuerpos moleadores, entre otros. Los líquidos resultantes de la limpieza de estos, deberán ser dispuestos como residuos líquidos especiales.

El manejo de combustibles y lubricantes puede ser fuente de residuos líquidos especiales; por lo tanto deberán tener la identificación respectiva; y ser confinados cuidadosamente para evitar derrames. El almacenamiento se hará en tanques, elevados o enterrados, protegidos de la corrosión, contarán con las estructuras de soporte adecuadas, estarán diseñados para contener los volúmenes especificados, en cantidades óptimas, a las presiones establecidas por la normatividad vigente y dotados de elementos para contención y recuperación de derrames.

### CME - 07 - 06

#### *Manejo de Aguas Residuales Mineras*

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, CORRECCIÓN Y MITIGACIÓN	EXPLOTACIÓN, CIERRE Y ABANDONO
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

La explotación de minerales frecuentemente origina reacciones químicas. Los que entran en contacto con el agua como la pirita y otros minerales inestables de azufre presentes en los estériles de los yacimientos, generan un proceso acelerado de oxidación, que da como resultado final la acidificación del agua. Por otra parte, los drenajes mineros arrastran partículas de otros compuestos, que aumentan la turbidez de las aguas receptoras, alterando los procesos fotosintéticos de las plantas acuáticas, especialmente en ambientes lacustres.

El drenaje minero subterráneo generalmente contiene componentes orgánicos como grasas, aceites y solventes, que provienen en su mayoría de máquinas y equipos utilizados en la actividad minera, y componentes químicos disueltos como sales, ácidos minerales y metales, que pueden presentar algún grado de toxicidad, y que no se degradan naturalmente, pudiendo contaminar las fuentes de agua. Además, las fallas o fracturas en la roca inducidas por la minería pueden hacer que las aguas subterráneas o freáticas, que alimentan manantiales de aguas superficiales, encuentren senderos entre las diferentes capas freáticas, presentándose sitios de afluencia parcial o total de éstas aguas hacia la mina, haciendo disminuir o desaparecer los manantiales. Por esta razón, debe considerarse un manejo especial de las aguas residuales de minería, teniendo en cuenta las siguientes medidas:

- Se debe realizar una caracterización previa del yacimiento y de los componentes de los estériles para prever la posible formación de aguas ácidas.
- Los sitios de entrada de agua, bocaminas y bocavientos, activos y abandonados, grietas por subsidencia, aguas lluvias y aguas de escorrentía, corrientes superficiales y subsuperficiales, deben ser considerados como canales de acceso del agua a los frentes de trabajo y como mecanismos de transporte de partículas en suspensión de metales pesados, azufre disuelto y algunos iones metálicos en solución.
- Los drenajes mineros se deben realizar preferiblemente por bombeo o con otro método que minimice el arrastre de sedimentos.
- El sitio de escombros y estériles debe contar con un sistema de recolección y tratamiento de las aguas de escorrentía que hayan entrado en contacto con ellos, antes de ser vertidas a un cuerpo de agua o de infiltrarlo en el suelo.
- Las aguas de escorrentía que hayan transitado sobre materiales estériles, apilamientos de mineral, y las provenientes de los drenajes mineros deben ser interceptadas y conducidas a sistemas de tratamiento mediante canales hechos en tierra o impermeabilizados. Figura 7.7

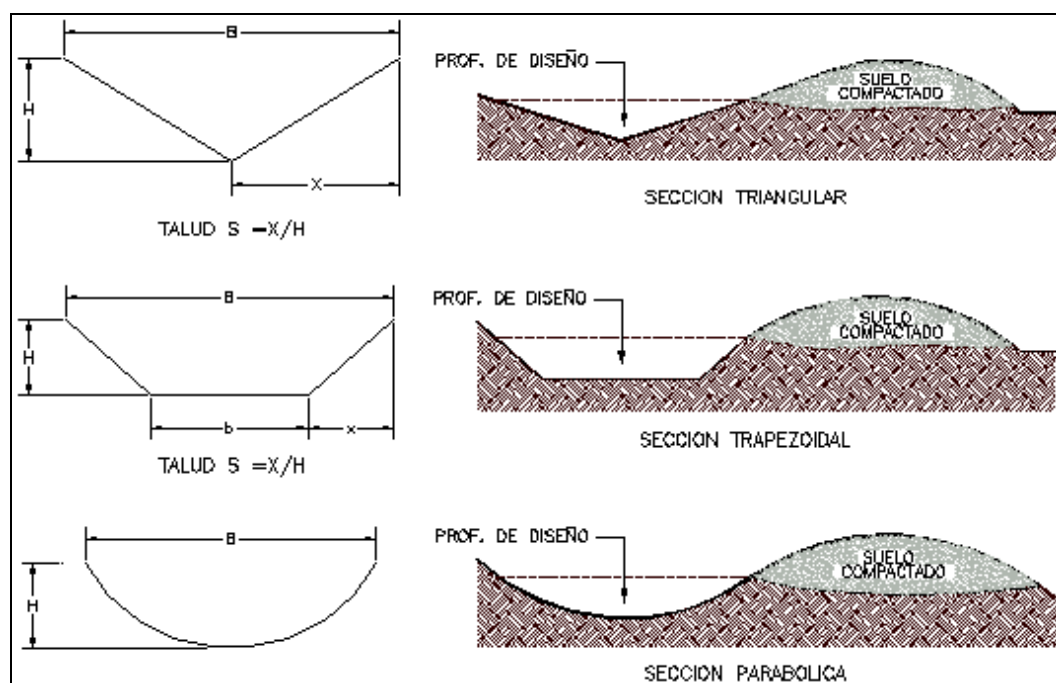


FIGURA 7.7 Interceptación de aguas por canales

Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989.

Citado en MMA & MINERCOL, Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea, 2001.

- Los yacimientos que contienen materiales reactivos, que favorecen la formación de aguas ácidas se deben cubrir por medio de coberturas o sellos de baja permeabilidad, como suelos de textura fina, arcillas o limos, y materiales sintéticos, de polietileno o neopreno. Figura 7.8.

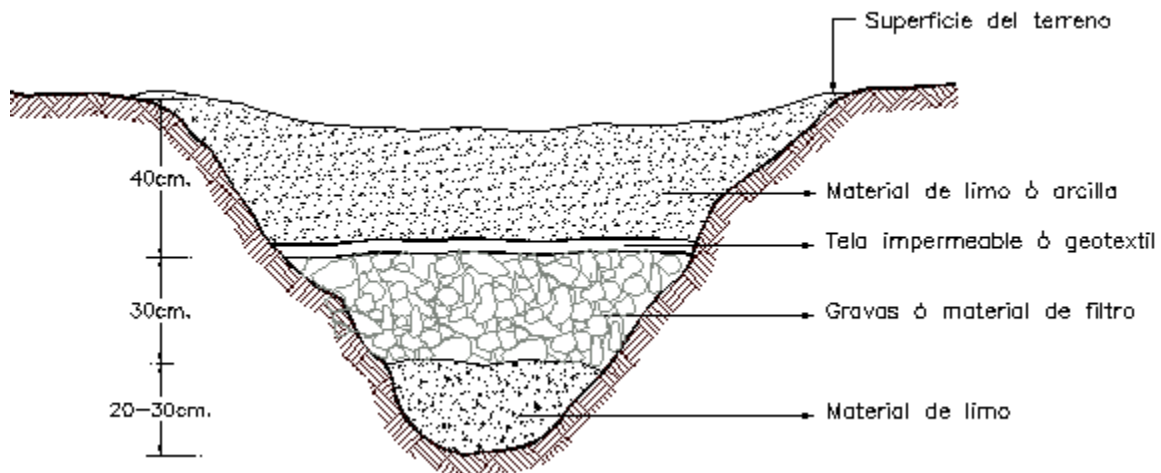


Figura 7.8. Sellamientos y cubrimientos. Fuente: ECOCARBON, 1997.

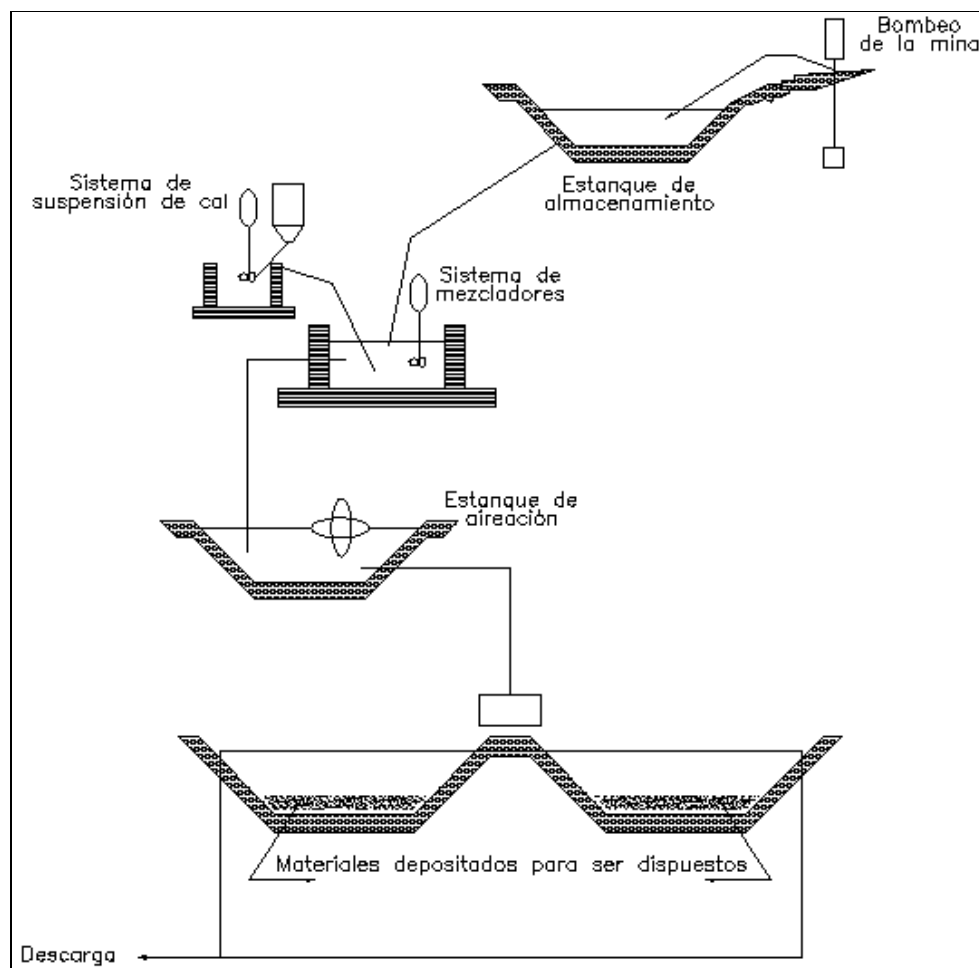


Figura 7.9 Etapas de neutralización convencional con cal. Fuente: ECOCARBON, 1997



- Para el tratamiento de los drenajes mineros ácidos, es necesario aplicar una técnica de neutralización. La más utilizada y más aplicable a la minería, especialmente la subterránea, es la adición de cal, por su bajo costo y alta eficiencia.

Esta técnica se realiza en cinco etapas de tratamiento: homogeneización, mezcla, aireación, sedimentación y disposición final del lodo de desecho. Figura 7.9.

- Para facilitar el tratamiento es conveniente que el bombeo del agua de la mina se realice de forma constante, y que la capacidad de almacenamiento permita manejar el volumen producido en, por lo menos, tres días de operación.
- La cal se puede agregar en suspensión líquida, lo cual hace necesario un sistema de alimentación, compuesto de un bomba que alimenta un dosificador que a su vez, inyecta la cal al agua.

En el almacenamiento, técnica que elimina la alimentación, los requerimientos de cal son menos de 0.1 Kg/1000l, para minas con drenajes con pH entre 3.5 y 5.0. Figura 7.10

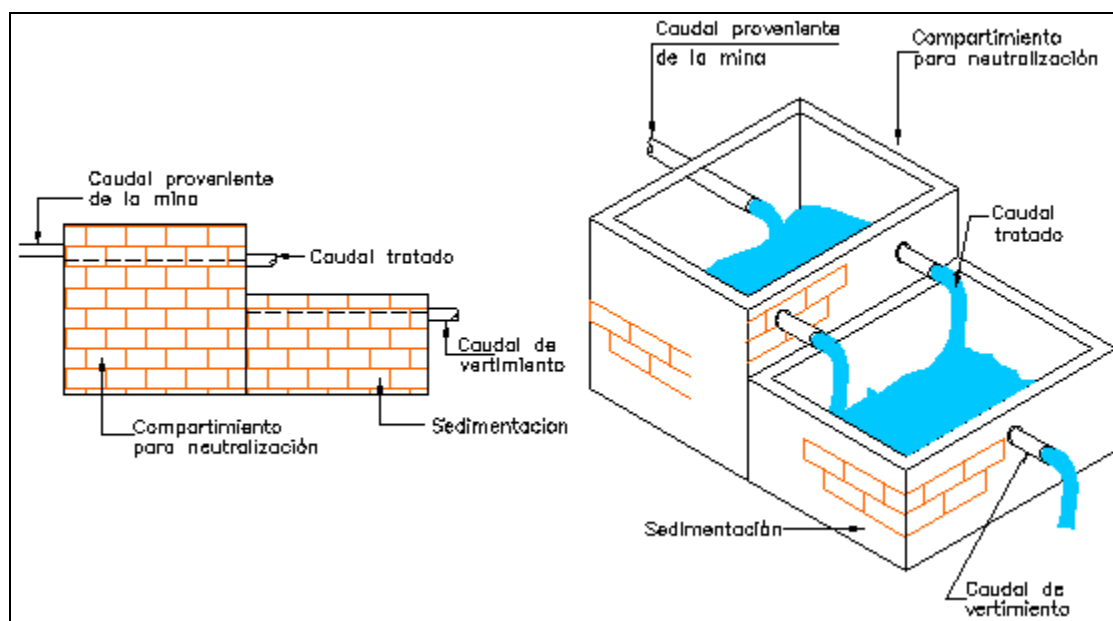


Figura 7.10. Tanques de neutralización. Fuente: ECOCARBON, 1997.

- También se puede adicionar cal seca o hidratada

Para el tratamiento de los sólidos en suspensión del drenaje minero, se proponen sedimentadores a gravedad mediante el almacenamiento temporal del agua. Estos pueden ser pozos, tanques o lagunas, cuya condición principal es que deben tener una baja velocidad de flujo que permita la sedimentación de los sólidos en suspensión. Figura 7.11

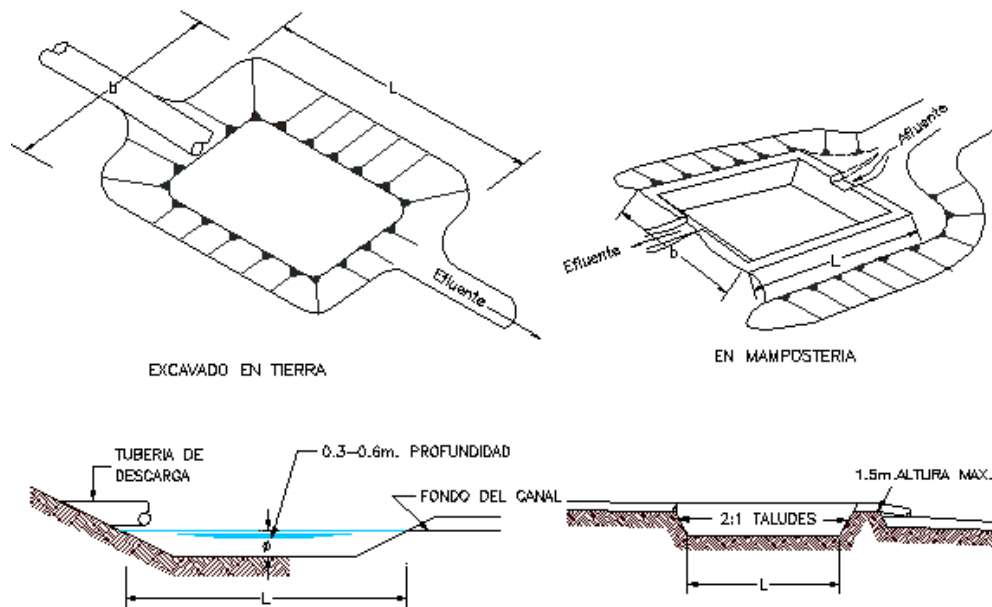


Figura 7.11. Tipos de sedimentadores. Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989. citado en (MMA & MINERCOL, Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea, 2001)

El tratamiento de los sólidos disueltos y la estabilización del pH, se logra mediante la aireación del drenaje minero para favorecer la oxidación. Esto se puede lograr haciendo correr el agua a través de las pendientes en cascadas artificiales, con lechos de roca caliza de diferentes tamaños. Figura 7.12

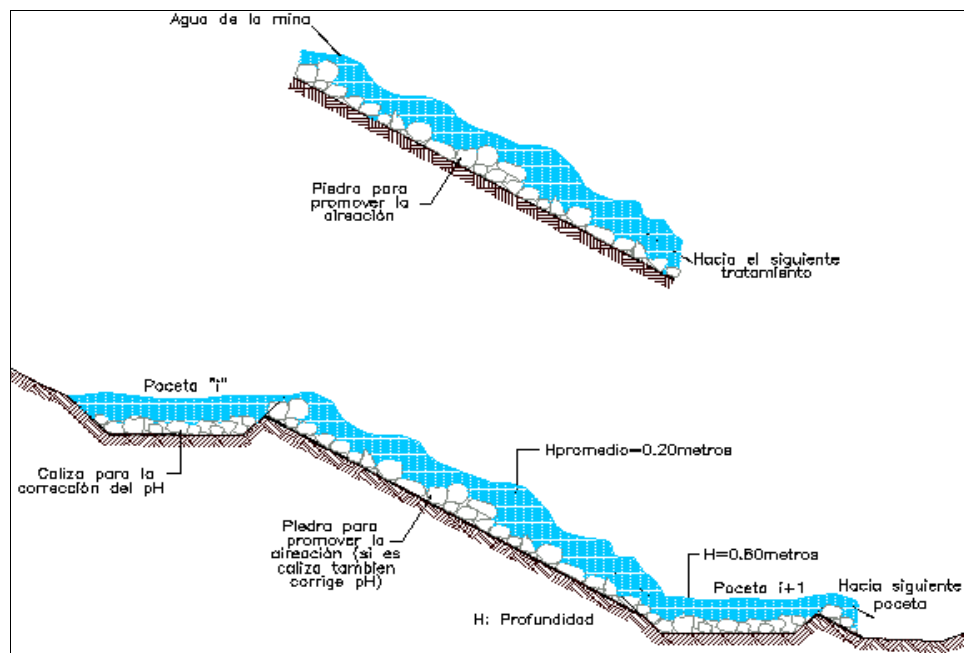


Figura 7.12. Cascadas de aireación y corrección de pH. Fuente: ECOCARBON, 1995.

- El sistema de tratamiento y el vertedero final deben estar localizados dentro de la propiedad minera, y ubicados donde menor interferencia causen a la operación y donde se evite el contacto con los mineros.
- Otros factores a considerar son: la topografía, la cobertura vegetal y la cercanía al depósito de explotación.
- Es necesario hacer el mantenimiento de estos sistemas de tratamiento. Por lo tanto mensualmente debe revisarse que el sistema no presente fugas o infiltraciones y semestralmente se deben retirar los sedimentos de las pocetas de neutralización y sedimentadores.

**CME - 07 - 07**

***Manejo de Cuerpos de Agua***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, CORRECCIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Escombros</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

La mayoría de las actividades del proyecto minero tienen efectos negativos, directos e indirectos, sobre la cantidad y calidad de los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas. Es casi inevitable el uso de bienes y servicios de los cuerpos de agua para cualquiera de las etapas de la actividad minera, lo que implica, un manejo preventivo, controlador, mitigador y correctivo. Para el desarrollo de un sistema de manejo se tomarán las siguientes medidas:

El diseño de los sistemas de drenaje tendrá en cuenta la permeabilidad natural del terreno, la tendencia general del drenaje natural, la topografía, la intensidad y frecuencia de la precipitación pluvial, las áreas de afluencia y los tiempos de concentración

Para el cálculo de la geometría y capacidad de los sistemas de evacuación, se utilizará tiempo de retorno de 10 años en minería y de 50 años en construcciones permanentes.

- La red de vías, obras o actividades temporales o de bajas especificaciones, podrá estar construida en tierra o en suelo cemento y/o con elementos prefabricados y materiales disponibles en el sitio. La red de drenaje deberá ser modificada a medida que avance la excavación, de acuerdo con los resultados del seguimiento y monitoreo ambiental.
- Cuando sea necesario el paso permanente de corrientes superficiales, se requerirá el diseño de las construcciones o instalaciones de estructuras hidráulicas para garantizar el flujo del agua y minimizar la alteración de los cauces y la hidráulica de las corrientes.
- El lavado de vehículos, al igual que la reparación, se realizará en sitios apropiados dentro del campamento, evitando los lechos de las corrientes de aguas y su afectación por este motivo.

- Todo descole deberá estar provisto de una estructura mínima de disipación para no afectar las estructuras de captación de aguas para consumo humano.
- El manejo de las aguas requiere de medidas específicas de control, que incluye la adecuación de obras civiles de protección y el desarrollo de un programa de seguimiento a los parámetros físico químicos y biológicos que describen la calidad del agua. Tales medidas son:
- Para el manejo de las aguas de escorrentía en la construcción de obras de infraestructura y en las operaciones mineras, se construirán cunetas y sedimentadores en tierra o se utilizará tubería o mangueras.
- La protección de riberas se hará con elementos adecuados a las condiciones particulares de cada corriente. Se podrán tener, entre otros, barreras, diques y tetrápodos, contruidos en suelos cemento, llantas o concreto. El concesionario minero hará los esquemas de corte vertical de las estructuras a implementar
- El diseño de las estructuras de paso deberá ajustarse a la capacidad de soporte y demás características del suelo, la carga, los flujos, el tipo de equipos y las características hidráulicas de la corriente. Estas estructuras corresponden, entre otros, a alcantarillas, pontones, bateas, puentes fijos o móviles, vaciados o prefabricados, en concreto o metal. Para el diseño de las obras hidráulicas en vías se aplicarán las normas del Ministerio de Obras Públicas.
- Las estructuras deberán ser inspeccionadas periódicamente y cuando sea del caso se aplicará mantenimiento de limpieza y reparaciones.
- Las medidas de restauración de cuerpos de agua incluyen:
- Manejo de corrientes de agua con formas naturales, evitando rectificaciones o canalizaciones innecesarias. Esta forma de manejo contribuye a aumentar los procesos de recuperación natural de cauces, y a una recolonización más rápida por especies del bosque.
- Los afloramientos de agua identificados en el área como de importancia ecológica o de consumo, serán revegetalizados con especies nativas recomendadas por expertos.

Cuando sea inevitable la ocupación y utilización de afloramientos de agua para los proyectos de la actividad minera, se presentará una propuesta de sustitución del impacto causado. Esta será concertada con la autoridad ambiental competente.

Además del manejo directo de los cauces y cuerpos de agua, superficiales y subterráneos, de corriente y estáticos, es importante que tenga en cuenta lo siguiente:

- En los sitios de cruce con corrientes de agua, asegurar que el cauce esté libre de material vegetal que se haya removido o se haya caído durante la ejecución de las obras.
- Esparcir el material vegetal removido lejos de las márgenes hídricas, para que éste se incorpore al ciclo de descomposición biológica.
- Evitar el almacenamiento de materiales cerca de cuerpos de agua y en sitios de moderada a alta pendiente (>12%), para evitar la escorrentía.
- Disponer el material estéril producto de las excavaciones y/o cortes en los alrededores del sitio en forma tal que no interrumpa los drenajes naturales.

**CME - 07 - 08*****Manejo de Material Particulado y Gases***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, CORRECCIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Cargue y Transporte</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Escombros</li> </ul>

**DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA**

El material particulado producido en la actividad minera, se genera durante la extracción a cielo abierto, la manipulación del mineral extraído, el transporte por vías sin asfalto, o en la remoción de tierras. El material particulado emitido, conocido comúnmente como polvo, se presenta en tamaños que varían entre 1 y 1000  $\mu\text{m}$  y su composición química cambia de acuerdo a las características del material del cual se desprende. Debido a su densidad y a la velocidad de sedimentación se deposita sobre la vegetación y en la superficie terrestre por la acción de la gravedad.

El polvo causa serias molestias a las personas que se encuentran expuestas a los niveles de inmisión habituales de una explotación minera, y puede desencadenar en ellas enfermedades tales como la silicosis y la asbestosis. De igual forma, puede ocasionar molestias a las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia de la operación, pues la calidad del aire respirable. La vegetación se afecta seriamente porque la deposición de polvo sobre su superficie foliar, obstruye su capacidad de intercambio gaseoso y de captación lumínica, lo que incide directamente en una baja en la actividad fotosintética.

Frente a los problemas ambientales que causan los materiales particulados y la emisión de gases, se podrán en marcha las medidas preventivas, mitigadoras y correctoras, planeadas que sean necesarias, De acuerdo a las condiciones de cada proyecto se implementará el monitoreo y el sistema a emplear.

**MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL**

1. Planear la ubicación de patios de acopio y áreas de servicio (infraestructura de soporte) en sitios estratégicos que queden por fuera del área de influencia de las fuentes de emisión de polvo, utilizando como criterio básico la dirección dominante de los vientos. Esta actividad deberá ejecutarse durante la fase de desarrollo del proyecto.
2. Durante la preparación de la voladura se deberán retirar de la superficie los detritus de la perforación y, utilizar para el retacado, material granular de préstamos, tacos de arcilla o tacos hidráulicos, si se trata de barrenos especiales.
3. Para el tránsito de vehículos (camiones, equipo pesado y vehículos de servicio) se implementarán métodos de control de velocidad (señalización, instrucciones y reductores de velocidad), campañas educativas para las personas vinculadas al proyecto minero, incluso el personal directivo; y riego de vías y minerales expuestos al viento. De ser posible se adicionarán estabilizantes químicos (agentes humificadores, sales higroscópicas y agentes creadores de costra superficial) o se colocarán láminas filtrantes sintéticas (geotextiles). En la tabla 7.5 se presenta la síntesis de algunas medidas de prevención contra la emisión de polvo según la fuente.

FUENTE	MEDIDAS
Pilas de minerales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humectación de pilas</li> <li>• Cubrimiento de pilas</li> <li>• Instalación de barreras rompevientos para patios de acopio</li> <li>• Aplicación de agentes químicos que forman costras superficiales</li> </ul>
Puntos de transferencia y manipulación de mineral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de barrera mecánica/física o presión negativa de cierre</li> <li>• Implementación de inyectores de agua con o sin espuma</li> <li>• Instalación de captadores de polvo (ciclones, filtros y precipitadores electrostáticos)</li> </ul>
Escombreras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de pantallas rompevientos</li> <li>• Implantación de vegetación</li> <li>• Empleo de estabilizadores</li> </ul>
Vías	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento continuo de las vías.</li> <li>• Regulación de la velocidad de circulación de vehículos</li> <li>• Revegetación de áreas adyacentes a las vías de transporte</li> <li>• Limitación de los cruces de vías</li> <li>• Reducción del número de tajos con voladuras</li> <li>• Sustitución de los camiones por bandas transportadoras</li> <li>• Reducción del tiempo entre las fases de explotación y restauración</li> </ul>

Tabla 7.5 Medidas de prevención y de control según fuentes de emisión.  
(Adaptado de la Guía Ambiental: Carbón Minería a Cielo Abierto. MMA, 2001)

## CME - 07 - 09

### Manejo del Ruido

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles (minería a cielo abierto)</li> <li>• Extracción del Mineral (minería a cielo abierto)</li> <li>• Cargue</li> <li>• Transporte</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Escombros</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Existen tres maneras diferentes de reducir el ruido: disminuir la fuerza de la fuente con el rediseño o reemplazo, modificar la ruta de propagación con el uso de pantallas, encerramiento, etc. y proteger o aislar al receptor. El método más efectivo y utilizado para control técnico del ruido es la reducción de la fuerza de la fuente.

El manejo de ruido en la minería se debe realizar desde la planeación con la consecución de materiales acústicos apropiados como absorbentes (transforman la energía sonora en energía térmica), materiales de barrera (mate-

riales de masa densa, que proporcionan aislamiento) y materiales de amortiguación (se adhieren a placas de metal para reducir la radiación del ruido).

La tabla 7.6 presenta un listado de los tipos de materiales mencionados, para que sean tenidos en cuenta como componentes de las construcciones, maquinarias y otros generadores de ruido.

Tipo de Material	Ejemplos típicos del material
Absorbentes	Lana de vidrio, espumas de poliuretano, espumas con películas protectoras
De barrera	Naturales (arborización, materiales de acopio), planchas de acero (1mm-2,5mm), vidrio (6mm), concreto (100mm)
Amortiguación	Sustancias viscosas o elásticas (caucho y plástico)

Tabla 7.6. Ejemplos de materiales atenuantes de ruido. (Adaptado de la Guía ambiental para el manejo de problemas de ruido en la industria minera. Ministerio de Energía y Minas, Perú, 1998.)

Los encerramientos acústicos pueden ser una de las medidas más eficaces de reducción del ruido, tanto en el interior como al exterior de la mina y los lugares de generación de ruido; pero no son del todo viables porque ocasionan pérdida de ventilación e iluminación para el personal de la mina.

Otras medidas de atenuación del ruido son:

- Para las explosiones deben seleccionarse las mejores condiciones meteorológicas. Los días con fuertes vientos o fríos con bajas de presión, aumentan la velocidad del ruido. Las barreras naturales (plantaciones, barrancos, diques, valles) también deben tenerse en cuenta, pues afectan la propagación del ruido.
- Analizar la posibilidad de adecuar los horarios de trabajo para no interferir con las horas de descanso nocturno.
- Manejar responsablemente el tráfico vehicular dentro y fuera del proyecto, para evitar ruidos innecesarios, como pitos, frenos, motores desajustados, etc.

## CME - 07 - 10

### Manejo de Combustibles

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Disposición de Escombros</li> <li>• Cierre y Abandono</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Los combustibles son derivadas del petróleo como aceites, lubricantes, gasolina, petróleo, kerosene, grasas, etc., que se utilizan para el funcionamiento y el mantenimiento de vehículos, maquinaria y equipos mineros en general. Para el manejo de combustibles se consideran los siguientes aspectos:



- Limitar la aplicación y el uso de sustancias químicas derivadas del petróleo en sectores cercanos a cursos de agua y campamentos.
- Asegurar el almacenamiento, transporte y adecuada disposición los combustibles. El almacenamiento deberá realizarse en bodegas confinadas y cubiertas que se ubicarán a una distancia no menor de 40 m de los cursos de agua y campamentos para evitar que se presenten derrames o fugas que puedan contaminar el suelo. Debe contar con trampa de grasas.
- Se hará prevención y control de derrames durante el transporte y llenado de los tanques de combustibles, utilizando un sistema adecuado de bombeo y áreas impermeabilizadas. En caso de derrames de algún producto líquido, evite su escurrimiento haciendo canaletas alrededor y recójalo con aserrín, tierra o arena. Posteriormente entierre el material en un sitio apropiado, con alta capacidad de impermeabilización a más de un metro de profundidad y lejos de los cursos de agua.
- Los cambios de aceite de los motores se harán preferiblemente en el campamento, evitando los derrames en tierra. Se utilizará una bomba de accionamiento manual.
- El aceite usado deberá recogerse y devolverse a proveedores, o disponerse de acuerdo a las normas vigentes.
- No dejar sobrantes en el sitio de trabajo, en espacios públicos o en zonas verdes.
- Las herramientas, envases, bidones y tambores utilizados en la manipulación de productos tóxicos (combustibles, aceites, lubricantes) deben ser lavados fuera de los cursos de agua.

### CME - 07 - 11

#### *Manejo del Suelo*

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Disposición de Escombros</li> <li>• Cierre y Abandono</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Es necesario conservar la cobertura vegetal de desmonte para que aporte la materia orgánica a la capa superficial del suelo. Puede ser conveniente el aporte de materia orgánica a capas menos orgánicas, que quedan expuestas luego de la explotación minera, ya que allí existe material estéril para el crecimiento vegetal. Se deben generar las condiciones para que el suelo inicial sea conservado de una manera adecuada en pilas que permitan su protección contra la erosión y su posterior reutilización.

El suelo tiene características propias a nivel físico (color, textura, estructura, consistencia, densidad, temperatura y un perfil con horizontes diferenciales de materia orgánica y minerales), a nivel químico (humus, pH, capacidad de intercambio catiónico, relación carbono nitrógeno, saturación de bases, conductividad eléctrica y nutrientes) y a nivel biológico (microorganismos e invertebrados). Para llevar adecuados procesos de manipulación, almacenamiento y restauración es importante tener en cuenta estas características, pues se debe tratar de conservar al máximo la composición original del suelo, así como sus procesos. Algunas recomendaciones para el manejo del suelo son:

- Es necesario tener una línea base de las características físico - químicas y biológicas del suelo antes de iniciar procesos de descapote y almacenamiento del suelo. Esta línea base servirá como punto de control para el manejo del suelo en la restauración.
- Se deben definir los sitios para el apilamiento de los suelos con suficiente anticipación a la remoción de los mismos. En lo posible, deberán ubicarse circundando la explotación, en sitios que no vayan a ser minados, para que actúen a su vez, como pantalla visual.
- Para el almacenamiento de suelos se deben establecer pilas con formas apropiadas y ajustadas al espacio disponible, teniendo presente no acumular demasiado suelo en un mismo sitio, ya que con alturas excesivas en el suelo más interior, se inhibe la capacidad de intercambio gaseoso y la posibilidad de conservar la microfauna, con lo cual su estructura y enriquecimiento orgánico se verían seriamente afectados por la generación de condiciones anaerobias.
- Remover el suelo del área que se va a descapotar para minería evitando su contaminación y trasladarlo posteriormente al sitio de apilamiento en donde deberá controlarse el paso excesivo de los camiones, con el fin de evitar la compactación de los suelos y así, preservar su estructura.
- Hacer cerramiento de la pila e instalar una valla o señal informativa, en la cual se indique que se trata de suelo recuperado para actividades de restauración, y se especifique el código de identificación que se maneja dentro del inventario de suelos.
- Para hacer conservación y manejo del suelo en pila en forma económica, se recomienda la aireación periódica por volcamiento, cuando no se haya revegetado su superficie, o la implantación directa de una cobertura de herbáceas sembrada para su protección que evita la migración y pérdida de material por acción de la lluvia y el viento. Estas medidas generan condiciones favorables para el mejoramiento del drenaje interno de la pila y la formación de un nuevo sustrato húmico.
- Frente a la posibilidad económica de mejoramiento de las pilas de suelo, se puede adicionar estiércol vacuno, ya que enriquece el contenido de materia orgánica, y facilita posteriores procesos de restauración.
- Los suelos con problemas de acidificación pueden ser neutralizados con adición de cal o aislados del flujo hidráulico, colocándolos a profundidad suficiente y sobreponiendo una capa de suelo con una vegetación adecuada.
- Los suelos apilados deberán examinarse, para determinar su textura, riqueza orgánica, sustancias minerales y pH, con el fin de realizar las correcciones necesarias para adaptarlo al hábitat de la vegetación a implementar.
- Las correcciones de minerales se realizarán mediante la adición de abonos en cantidades determinadas por los análisis efectuados.

**CME - 07 - 12**

***Control de La Erosión***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
CONTROL Y MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Remoción de Estériles</li> <li>• Extracción del Mineral</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

En los lugares de pendiente alta, donde la vegetación y el suelo son removidos para la realización de obras como vías, terraplenes o bancos, se puede presentar formación de distintos tipos de taludes (figura 7.14),. Algunos de ellos pueden inducir procesos de desprendimientos masivos. Para evitar la erosión se debe minimizar el contacto directo del agua con el suelo descubierto, mediante la implementación de medidas de carácter constructivo y biótico.

Para tal efecto, se deben construir obras de contención, como trinchos permanentes, gaviones, terraceos, cunetas, drenajes y alcantarillas, entre otras. Sin embargo, no sólo debe contemplarse la obra técnica, sino también acciones que recuperen la cobertura vegetal y su función ecológica cuando la pendiente y el nivel de humedad lo permitan.

Para la revegetalización de taludes se deben combinar las condiciones físicas y la perturbación que se tiene del talud, ya que la ladera expuesta recoge toda la escorrentía superficial de la ladera superior y la conduce hacia partes inferiores, donde se ubican cunetas y calzadas. Es por esto que los suelos de las cunetas tienen una humedad más alta y constante que las laderas adyacentes. En consecuencia, la vegetación en las zonas más bajas del talud, debe coincidir con la vegetación de márgenes de ríos y quebradas.

En el talud se deben definir muy bien las cunetas y vías de drenaje. De lo contrario la escorrentía abrirá sus propias vías para proseguir su camino hacia sitios más inferiores, acarreado saturación del terreno y abriendo posibles boquetes y desplomes. Si estos últimos se presentan, se deben remover porque sepultan el suelo original y parte de la vegetación de la ladera inferior.

Las especies vegetales que se planten, deben seguir el patrón de bosques de la zona, o ser sugeridas por la autoridad ambiental o por guías técnicas de restauración de bosques a nivel regional o nacional. En todo caso se deben evitar plantaciones monoespecíficas (una o pocas especies), y prevenir las combinaciones de especies que estén en correspondencia con las condiciones edáficas y climáticas.

#### Consideraciones especiales sobre las obras de drenaje

- Cuando las cunetas y demás obras de drenaje de la mina confluyan directamente a un río o a una cuenca, se deberán proveer obras civiles que permitan la decantación de sedimentos. Los drenajes deben conducirse siguiendo la menor pendiente hacia cursos naturales protegidos.
- Se deben construir obras civiles de protección mecánica para el vertimiento de las aguas, como estructuras de disipación de energía a la salida del terreno para evitar la erosión.
- En zonas donde se presenten situaciones desfavorables debido a la presencia de aguas subterráneas, y particularmente cuando la roca es muy susceptible a los procesos de erosión y degradación o se encuentra suelta, es conveniente la implementación de métodos de drenaje de tipo superficial o subterráneo, que mejoren de manera sustancial la estabilidad del talud.
- El concesionario minero debe tomar las medidas necesarias para garantizar que cemento, limos, arcillas o concreto fresco, no tengan como receptor final los lechos o cursos de agua.

Para el desarrollo de esta ficha se deben tener en cuenta elementos importantes de las fichas CME 087-03 (manejo de aguas lluvias) y la CME 07-18 (manejo de fauna y flora)

**CME - 07 - 13**

***Manejo de Perforación y Voladura***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y CONTROL	PERFORACIÓN Y VOLADURA
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Todo programa de perforación y voladura deberá implementarse de acuerdo con las condiciones geológicas, las prácticas de voladura, los requerimientos de producción específicos del lugar y la sensibilidad ambiental. Las operaciones de perforación y voladura, tanto en minas a cielo abierto como subterráneas, deben realizarse de conformidad con prácticas operativas seguras, diseñadas para minimizar los impactos ambientales nocivos, así como para garantizar un ambiente de trabajo saludable y seguro para los trabajadores de la mina.

Los propósitos principales de un proceso de perforación y voladura deben ser:

- Promover la salud y seguridad de los trabajadores en relación a las operaciones de transporte, almacenamiento, manipulación y uso de materiales explosivos en las minas.
- Proporcionar protección al público contra riesgos producidos por operaciones inadecuadas de perforación y voladura.

Las consideraciones generales de seguridad que se deben tener en cuenta para realizar perforaciones y voladuras son:

- Los diseños de voladura individuales deberán desarrollarse y registrarse en el área de la mina y ser aprobadas por un supervisor de voladuras.
- El diseño de voladura deberá contener diagramas de las mallas de perforación y voladura, períodos de retardo y separación de las mezclas explosivas, tipo y cantidad de explosivos a usar, dimensiones críticas y ubicación específica.
- Anterior a las voladuras, el operador deberá notificar, a todos los residentes y propietarios de viviendas u otras estructuras localizadas cerca al proyecto minero (en el rango de acción del efecto de la voladura), sobre las horas y lugares propuestos para las operaciones de voladura. Las notificaciones deberán tener una periodicidad semanal.
- Las voladuras deben realizarse en horas diurnas por seguridad del personal que labora y de los residentes en zonas cercanas al proyecto.
- Se debe tener un programa de señalización muy claro, usar advertencias sonoras y aislar cada zona donde se vayan a realizar las voladuras, para evitar accidentes.
- El acceso a las áreas de voladura debe controlarse para evitar la presencia de ganado o de personas no autorizadas. El acceso y el tránsito por el área se puede reanudar cuando un representante del operador indique la ausencia de peligros como deslizamientos inminentes o cargas sin detonar.
- Los explosivos y accesorios de voladura son productos peligrosos. El concesionario o usuario debe extremar los cuidados al momento de su transporte, almacenaje y uso, así como entrenar a todo el personal encargado de su manipulación.

El manejo ambiental de las perforaciones y voladuras se centrará principalmente en el chorro de aire producido por la voladura, la roca lanzada por la explosión, las vibraciones de tierra, el ruido, el material particulado desprendido y las emanaciones de gases tóxicos.

Sugerencias para reducir el flujo de aire producido por la voladura:

- Deberán evaluarse las opciones técnicas más efectivas para hacer las voladuras, en cuanto al uso de tacos, las condiciones geológicas, la perforación de los taladros, uso de retardos y otros aspectos propios de la disposición de cargas explosivas.
- Se deben evitar los disparos a primeras horas de la mañana, al finalizar la tarde o en la noche, o cuando haya grandes probabilidades de que ocurra inversión de temperatura. El viento fuerte puede incrementar el chorro de aire con las voladuras.

Sugerencias frente al lanzamiento de rocas:

- La salida de rocas del área de voladuras se evita asegurando cargas explosivas adecuadas y distancias suficientes a sitios que pueden ser afectados.
- Los operadores de perforación deberán registrar las velocidades anormales de penetración de perforaciones y otros eventos anormales.

Sugerencias ante las vibraciones del macizo rocoso:

- Reducir el peso de explosivos por retardo. Cualquier disminución en la cantidad de explosivo a través de diámetros menores de taladro, alturas reducidas de banco y/o separación de las cargas explosivas reducirá la probabilidad de daños.
- Usar retardos más prolongados, donde las condiciones geológicas en conjunción con el sistema de iniciación, lo permitan
- Limitar el confinamiento de explosivos a la roca de lecho, si se puede remover la sobrecarga por otros medios.
- Reducir el número de voladuras mediante el uso de tiros más grandes.
- Programar las voladuras para que coincidan con los niveles más altos de ruido ambiental en el área.
- Mantener, si es posible, el tiempo total de toda la voladura por debajo de un segundo de duración
- Usar detonadores eléctricos de milésimas de segundo con una máquina de voladura secuencias o sistema de iniciación con un número adecuado de intervalos de retardo.

Sugerencias para los impactos por ruido generado en la voladura

- Reducir la cantidad de explosivos detonados en periodos cortos de tiempo
- Usar sistemas de retardo apropiados cuando se inicia una explosión
- Exigir que todos los empleados, dentro del área de voladura de las minas empleen protección auditiva durante las operaciones efectivas de voladura.

Sugerencias por el material particulado y gases generados.

- Se debe exigir a los trabajadores mineros usar respiradores contra polvo durante, e inmediatamente después de la operación efectiva de voladura.
- Se debe humedecer completamente el montón de roca volada antes y durante las operaciones de excavación
- Las voladuras bien controladas deben generar poco polvo, por lo tanto, las prácticas de voladuras deben estar bajo manejo técnico y prácticas estandarizadas
- En relación con las operaciones de minería subterránea, las voladuras deberán conducirse al finalizar los

- turnos, con el objeto de maximizar el tiempo disponible para ventilar apropiadamente el lugar de trabajo.
- Debe dejarse un tiempo prudencial antes de reingresar al lugar de trabajo después de una voladura. Este tiempo lo determina el supervisor o persona encargada de las voladuras, teniendo en cuenta la capacidad de los sistemas de ventilación.
  - Se recomiendan las siguientes velocidades de aire de ventilación:

Sección de la mina subterránea	Velocidades de aire de ventilación
Socavones de nivel principal (rampas)	1,0 – 3,0 m/s
Encuentro entre socavones y aperturas mayores	0,25 m/s
Escalones (piques)	2,0 m/s promedio
Labores de desarrollo	Tuberías a un máximo de 4,6 m detrás de la cara.

#### Sugerencias de manejo frente a la emisión de gases

- Evitar las condiciones que podrían ocasionar el quemado antes que la detonación del explosivo
- Los explosivos seleccionados deberán tener la resistencia adecuada al agua, luego de efectuada la carga, la explosión deberá realizarse en el menor tiempo posible.
- La formación de óxidos de nitrógeno es más una cuestión de uso de campo que de formulación del polvo; por lo tanto, deben disponerse los sistemas de ventilación apropiados para que se desvanezcan rápidamente
- Los montones de roca deben mojarse completamente antes de que se inicie la excavación. Este procedimiento desplazará el monóxido de carbono, de modo que el sistema de ventilación lo pueda diluir, volver inocuo y eliminar del lugar de trabajo.



*Foto. Perforación mediante join minero para barrenos de hasta 6 m en minería a cielo abierto (cortesía David Buitrago Salomón).*

**CME - 07 - 14**

***Manejo de Hundimientos***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles</li> <li>• Extracción del Mineral</li> <li>• Transporte</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Las labores mineras, principalmente la subterránea, pueden producir hundimientos en el terreno por la apertura de túneles, manejo de aguas superficiales o subterráneas y por la explotación de material de zonas internas o zonas inferiores del talud. Por tal razón:

- Se deben identificar las filtraciones de agua hacia la mina y todas las posibles fallas geológicas existentes en el yacimiento, así como la resistencia de las rocas y el depósito mineral de interés, para predecir el comportamiento de los pilares,
- Se debe evitar la infiltración de las aguas subsuperficiales y superficiales hacia el yacimiento y su contacto con el material estéril y el depósito del mineral, ya que puede provocar inundaciones y saturaciones del terreno, generando desestabilización e inducción a procesos erosivos.
- En áreas con tendencia a inundarse, se deben identificar y controlar de manera especial los hundimientos verticales.
- En áreas con construcciones y edificaciones, se deben identificar y controlar los hundimientos horizontales diferenciales.
- En las explotaciones y de acuerdo con el método de explotación utilizado, se pueden dejar pilares de seguridad, con el fin de proteger las estructuras de superficie localizadas encima de los sectores de extracción. (figura 7.15.)
- Considerar los derrumbes dirigidos como técnica de prevención de la subsidencia potencial a largo plazo. La topografía es un factor incidente en el proceso de subsidencia, se debe hacer especial seguimiento en áreas de extracción localizadas cerca a colinas, con pendientes bastantes inclinadas o paredes de un cañón.
- Prevenir la accidentalidad en zonas mineras mediante un programa óptimo de salud ocupacional y teniendo presente la normatividad que exista en las labores de explotación minera.
- El retrolleado en las áreas donde se extrajo el mineral permite disminuir la magnitud del desplazamiento vertical. Figura 7.16.
- El método de cámaras y pilares es después del desmantelamiento de las labores, el mayor causante de hundimientos. Figura 7.17.
- En los sitios en donde se detecten grietas superficiales se debe utilizar alguna técnica de sellamiento o cubrimiento utilizando material de limo o arcillas, telas impermeables o geotextiles, gravas y limos.
- Para el cierre de hundimientos en forma de chimenea, producidos por la técnica de cámaras y pilares, se podrán utilizar cierres en forma de pirámide o cono invertido. Figura 7.18.
- Es conveniente utilizar técnicas de extracción parcial o armónica, con el fin de evitar hundimientos. Figura 7.18



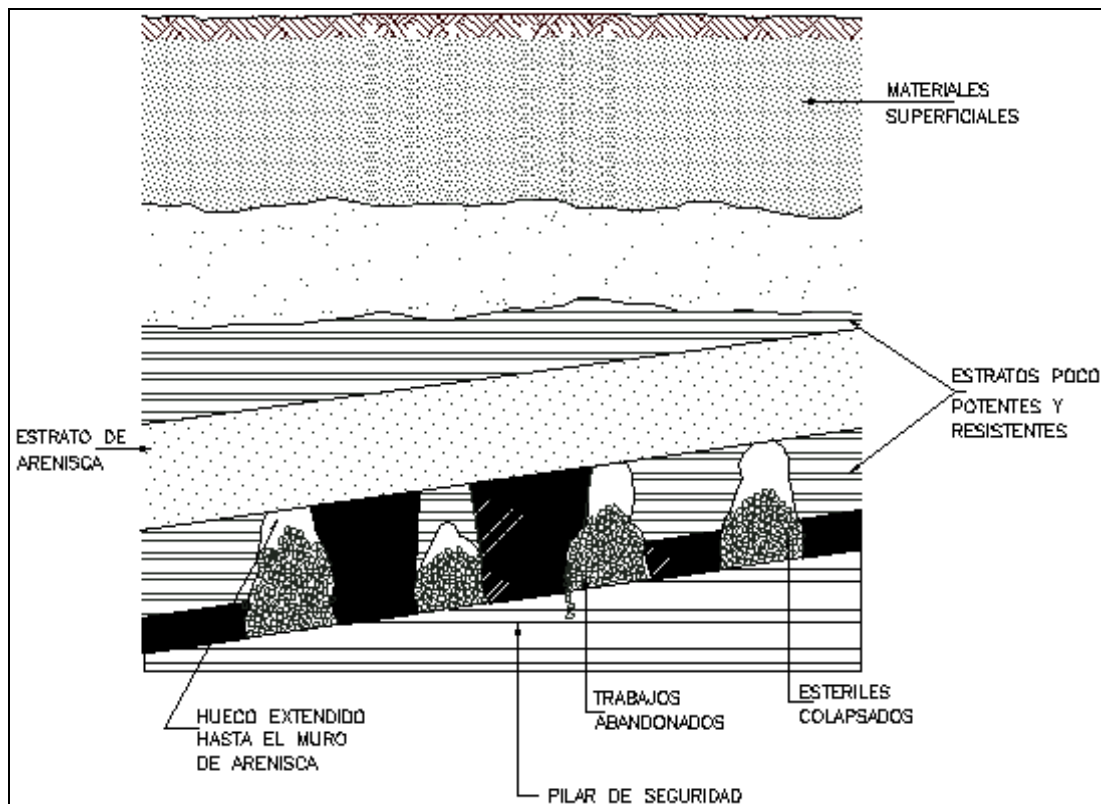


Figura 7.15. Pilares de seguridad

Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989.

Citado en Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea, MMA, 2001.

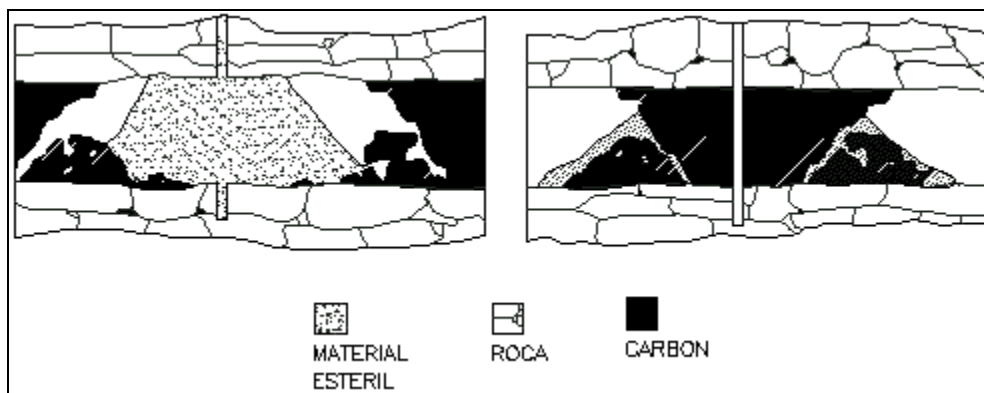


Figura 7.16. Retrollenado

Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989.

Citado en Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea, MMA, 2001.

- Se deben controlar con la mayor prontitud posible, los incendios en los yacimientos, porque son fuentes potenciales de hundimientos.
- Se deben incorporar elementos flexibles dentro del diseño de estructuras nuevas, con el fin de evitar los hundimientos.



**CME - 07 - 15**

***Manejo de Estériles y Escombros***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Disposición de Escombros</li> <li>• Cierre y Abandono</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Los estériles generados en la actividad minera y en las excavaciones para infraestructura deben disponerse en sitios especiales, debidamente protegidos de la dispersión y el arrastre su ubicación debe estar definida desde la planeación. Además, deberán evaluarse las alteraciones que puedan producirse sobre el medio natural, por los cambios en el régimen de escorrentía superficial, la pérdida de suelo, las alteraciones geomorfológicas, la eliminación de hábitats animales, la aceleración y aumento de procesos erosivos y la integración de las estructuras al entorno, una vez se hayan restaurado los terrenos.

Es importante tener en cuenta la lejanía de las escombreras a los núcleos poblacionales; los cambios en el patrón de uso de las tierras y las afectaciones potenciales del recurso agua para atender las necesidades de irrigación e, incluso, de consumo humano (desviación y/o contaminación de fuentes de agua y alteración de la disponibilidad del recurso en términos de cantidad y de calidad).

En general, para el manejo de escombros y estériles se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- Antes de iniciarse la construcción del Proyecto, el concesionario o la firma contratista deberá establecer el sitio donde podrá disponer los residuos generados durante las excavaciones, descapote, túneles, etc., bien sea en una escombrera legalizada ante las autoridades ambientales, en una de su propiedad o en área en la cual se ejerce una servidumbre.
- Disponer el material estéril de acuerdo a los requerimientos de escombreras establecidas en los planes de minería y a los beneficios económicos y ambientales que plantea el manejo de grandes volúmenes de material.
- Insertar, a partir de la fase de desarrollo de la explotación, el concepto, diseño, ejecución y manejo de las escombreras, con el fin de iniciar el proceso de restauración desde las fases tempranas de producción del proyecto minero.
- Proyectar las acciones de adecuación y manejo de escombreras para restauración, con el fin de aprovechar los costos de oportunidad que plantea el manejo de estériles desde las fases tempranas del proyecto minero.
- Para establecer los sitios de las escombreras se deben tener en cuenta la zonificación ambiental, evitando las áreas más sensibles, que el sitio permita la disposición de los escombros de una manera económica y que se puedan minimizar los efectos del impacto ambiental.
- El tamaño y la forma de las escombreras estará determinado por el volumen de estéril que se removerá para la extracción del mineral. Tal cantidad de material dependerá no solamente de la estructura geológica del yacimiento y de la topografía del área, sino también del valor económico del mineral y de los costos de extracción del estéril. En relación con las formas naturales del terreno, las escombreras pueden ser de hondonada, de ladera, de divisoria y de llanura, pudiéndose presentar, combinaciones de algunas de estas formas. De otra parte, la forma de las escombreras depende no sólo de la morfología del terreno, sino también de los equipos mineros de transporte y vertido.

- Obras de infraestructura para la estabilización de la escombrera.
- Para el diseño de las escombreras existen varios tipos de conformación: vertido libre, fases adosadas, dique de pie y fases superpuestas.

*Vertido libre:* Sólo es aconsejable en escombreras de pequeñas dimensiones y cuando no exista riesgo de arrastre de material pendiente abajo. Se caracteriza por presentar en cada momento un talud que coincide con el ángulo de reposo de los estériles y tamaños de diversa gradación. Pese a su uso frecuente, es el más desfavorable geotécnicamente.

*Fases adosadas:* Proporcionan unos factores de seguridad mayores, al conformarse con taludes medios finales más bajos. La altura total puede llegar a suponer una limitación, por consideraciones prácticas de acceso a los niveles inferiores.

*Dique de pie o de pata:* Se utiliza cuando los estériles presentan características litológicas y geotécnicas diversas. Consiste en la construcción de un dique en el pie o pata de la escombrera con los materiales más gruesos y resistentes, para que actúe como un muro de contención. Su uso es más frecuente en explotaciones donde se manejan grandes cantidades de materiales arcillosos y/o finos, o cuando las condiciones de la base de apoyo no son buenas.

*Fases superpuestas:* Con este sistema se logra disminuir los taludes finales y se consigue una mayor compactación de los materiales, otorgándole a la escombrera una mayor estabilidad.

El procedimiento de vertido determina en gran medida el método de construcción ó de desarrollo de la escombrera. Comúnmente, se reconocen dos métodos de vertido: i) por tongadas y, ii) por basculamiento final.

En explotaciones en donde la topografía es suave, se aconseja el método de basculamiento final. El tráfico de los camiones permite una mejor compactación de los materiales y, una mayor estabilidad a la escombrera. No obstante, los vertederos contruidos por este método son más susceptibles a la erosión por las aguas de escorrentía; a pesar de mantener taludes inferiores, las superficies son largas e ininterrumpidas, sin bermas o terrazas intermedias, y los taludes no pueden protegerse con vegetación.

- Las escombreras o botaderos de estériles deben ubicarse lejos de toda fuente o cuerpo de agua, y considerar las condiciones hidrográficas locales (inundaciones, nivel freático, nivel de escorrentía superficial y nivel de drenajes superficiales).
- Su localización debe ser tal que cualquier observador vea la menor cantidad de escombros a lo largo de las laderas. Se recomienda evitar la acumulación vertical de escombros. En la Figura 7.19. se presenta una alternativa.

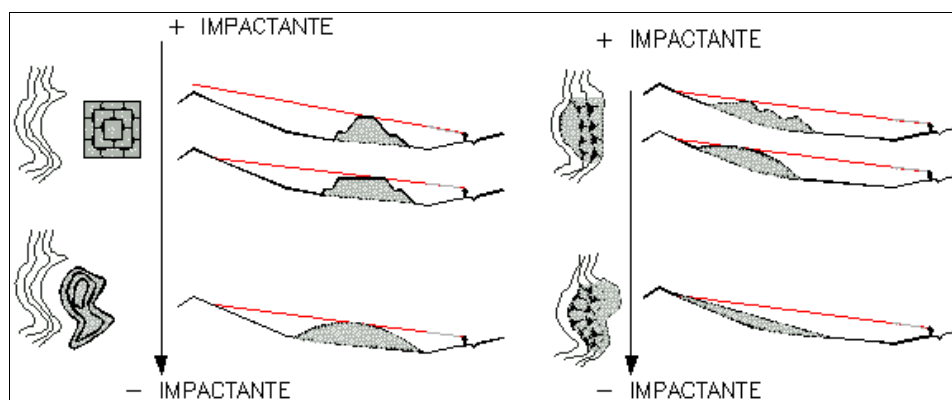


Figura 7.19. Diseños posibles de botaderos y su impacto sobre el paisaje (los signos + y - indican la magnitud del impacto).

Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1998.

Citado en Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea, MMA, 2001.



- Las escombreras de estériles se deben revisar periódicamente, con el fin de detectar las en formación y procurar su relleno conforme se vaya terminando la escombrera se debe exponer la menor área posible a la dirección predominante del viento.
- El dimensionamiento físico de los botaderos debe proveer la suficiente capacidad para manejar el total de estériles producidos, permitiendo el adecuado drenaje de las aguas de escorrentía y causando el menor impacto visual.
- Paralelo a su avance y desarrollo, se deben establecer barreras vivas que permitan minimizar el impacto visual y la contaminación del aire por emisión de partículas en suspensión originadas por la erosión eólica.
- Se debe garantizar la estabilidad de la escombrera con geometría adecuada. En torno a su corona y pata deben construirse canales de recolección y conducción de las aguas de escorrentía. La figura 7.20 muestra los canales de recolección y conducción de aguas en escombreras.

Figura 7.20. Diseños posibles de botaderos y su impacto sobre el paisaje  
Fuente: Instituto Tecnológico Geomínero de España, 1998.  
Citado en Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea, MMA, 2001.



- La construcción de la escombrera de estériles debe obedecer a las condiciones naturales del terreno. Existen dos métodos: El primero utiliza apilamientos en los extremos de forma perpendicular al piso, avanzando en el sentido de la pendiente de la ladera; así a mayor pendiente mayor volumen de estériles acumulados. El segundo funciona con apilamientos por capas paralelas a la superficie. El volumen de apilamiento resultará mayor que el logrado por el primer método, debido a que cada capa alcanza la compactación gracias a su propio peso. En las figuras 7.21 y 7.22 se muestran ambos métodos de apilamiento.

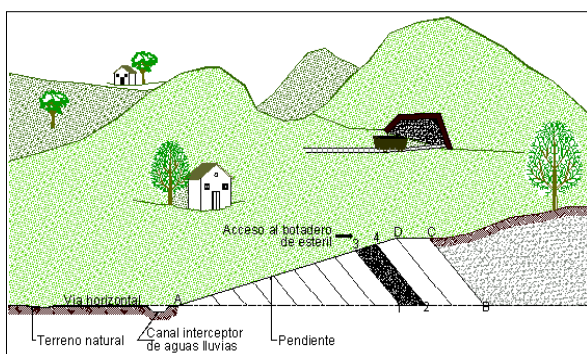


Figura 7.21. Conformación de escombreras por apilamiento en capas

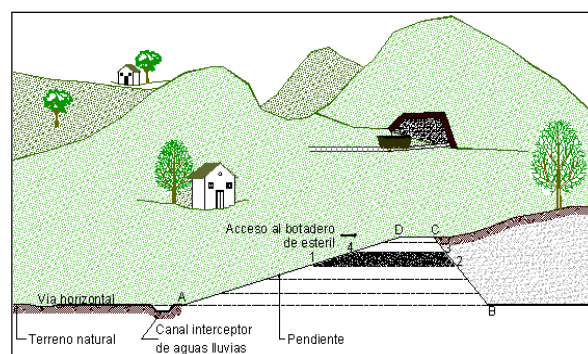


Figura 7.22. Conformación de escombreras por apilamiento en extremos

Fuente: Guía Ambiental: Carbón, Minería Subterránea, MMA, 2001.

**CME - 07 - 16*****Manejo de Vías***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, CORRECCIÓN Y COMPENSACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Transporte</li> </ul>

**DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA**

El Proyecto minero requiere construir y/o adecuar vías para sus diferentes secciones. La planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de los proyectos de infraestructura vial deben adelantarse en el marco del desarrollo sostenible, por lo tanto, el concesionario minero debe tener en cuenta:

- Asegurar que los accesos existentes utilizados permanezcan en buenas e iguales condiciones a las preexistentes. Cuando sea necesaria la adecuación de otros accesos, se tomarán las siguientes medidas:
  - Identificar conjuntamente (proyecto - comunidad) el estado preproyecto de los accesos.
  - Realizar las adecuaciones necesarias a los accesos existentes para evitar su deterioro,
  - Evitar al máximo el deterioro de estructuras comunitarias aledañas al proyecto
  - Diseñar vías, sobre todo las vías externas, que le sirvan a la comunidad aledaña
  - Evitar al máximo la construcción de vías innecesarias
- Los estudios para el establecimiento de vías deben proveer herramientas para medir y cuantificar los recursos naturales existentes antes y después de la construcción.
- El diseño de las vías requeridas debe tener en cuenta la erosión del lugar. Deben implementarse entonces drenajes y otras obras propias de la contención de la erosión y desestabilización de taludes. En terrenos con pendiente se deben adecuar barreras vivas y obras de contención Figura 7.23.

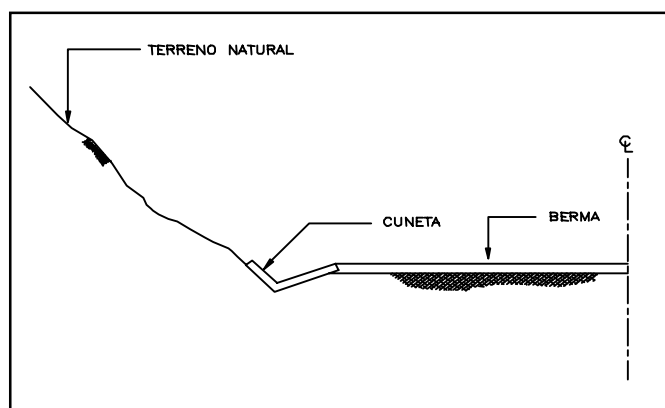


Figura 7.23 Adecuación de accesos.

Fuente: Guía Ambiental para redes de Distribución.

- Se debe reducir el movimiento de tierra durante la construcción de las vías, manteniendo un diseño adecuado
- Las zonas de cruce de las vías con cauces de aguas deben tener manejos especiales para evitar la interrupción del drenaje, su contaminación con grasas y la sedimentación por acción de las vías sin asfalto. Para este caso se sugiere la colocación de puentes provisionales o alcantarillas, así como la nivelación de la vía y la construcción de terraplenes; nunca se dejarán para después de la construcción del acceso.
- El curso de los cauces debe tener una zona de protección vegetal. No debe usarse como vía de acceso, sobre todo en lo referido a la explotación de materiales de construcción. Cuando se trate de construcción de vías con pendientes se deben seguir las curvas de nivel, siempre y cuando esta no implique grandes movimientos de tierra.
- En sectores con altas precipitaciones es aconsejable proteger las vías con rellenos de material estéril firme, para evitar su erosión y la formación de cárcavas, que alterarán los sistemas de vegetación cercanos.
- Si es posible desactivar vías internas, no necesarias para el funcionamiento del proyecto ni para las comunidades aledañas, debe hacerse mezclando el suelo original con el que está presente para dar inicio a la revegetación por sucesión natural.
- Para mitigar el efecto producido por las emisiones de polvo y partículas generadas por el tránsito de vehículos y maquinaria por accesos desprovistos de capa de rodadura, se recomienda, en épocas de tiempo seco, el humedecimiento periódico de dichas vías. Adicionalmente se debe prohibir el riego de aceite quemado para atenuar este efecto.

En cuanto al manejo de maquinaria, equipo, transportes y acarreos, se presentan las siguientes recomendaciones:

- El transporte de material deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Resolución 541 de 1994 expedida por el Ministerio del Medio Ambiente, que regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción y demolición, y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación. También se tendrá en cuenta la normatividad para emisión de material particulado y gases. Varias fichas de manejo en esta Guía contemplan igualmente, el manejo ambiental que se debe llevar con relación a la construcción de vías.
- Manejo de la vegetación, suelo removido y de su disposición.



*Foto. Adecuación de bermas por alteración de apertura de vías. Nótese la siembra realizada sobre ésta como recuperación visual y paisajística (Cortesía David Buitrago Salomón).*



**CME - 07 - 17*****Manejo de Residuos Sólidos***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Extracción del Mineral en Minería a Cielo Abierto</li> <li>• Disposición de Escombros</li> <li>• Cierre y Abandono</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Se tiene una alta heterogeneidad de residuos sólidos, propios o no, de la actividad minera (material estéril, neumáticos, envases, baterías, filtros, plásticos, chatarra, residuos orgánicos, entre otros) que se podrían clasificar en reciclables, reutilizables, desechos orgánicos, materiales tóxicos comerciables, materiales tóxicos no comerciables, y un pequeño remanente por clasificar (S/C).

En cuanto a la Generación de Residuos Sólidos, el manejo es prioritariamente preventivo y de control, teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Antes de iniciar la construcción de los campamentos, la empresa contratista deberá coordinar con la empresa de servicio público correspondiente, lo relacionado con las prácticas, sitios de almacenamiento temporal, clasificación y horarios de recolección de los residuos sólidos ordinarios.
- Se deberá indicar al personal que laborará en el Proyecto, la importancia que tiene para el medio ambiente y para la salud de la población, el adecuado manejo de los residuos sólidos. Estas indicaciones se deben hacer mediante planes estructurados de Educación Ambiental.
- Debe minimizarse en lo posible la producción de residuos sólidos. Esto se espera como resultado de la aplicación de planes de educación ambiental y sensibilización dirigidos al personal vinculado al proyecto.
- Disponer de recipientes señalados para la separación en la fuente.
- Reutilizar, en la medida de lo posible, los residuos reciclables, transportándolos hasta los sitios de acopio más cercanos.
- Los residuos orgánicos podrán ser dispuestos en el Relleno Sanitario más cercano al área del proyecto, entregados para compostaje o utilizados de ser posible, como alimento para animales de la comunidad local.
- Se debe evitar la disposición de material sobrante en áreas de importancia ambiental como humedales o zonas de productividad agrícola.
- Los residuos sólidos producidos en los campamentos pueden ser de dos tipos: Los residuos sólidos ordinarios, comúnmente denominados residuos domésticos, se clasifican en: Desechos de alimentos, papel y cartones, plásticos, textiles, caucho, madera, vidrio, metales, llantas. La correcta disposición de los residuos inicia con un almacenamiento en la fuente de generación, en recipientes de plástico reutilizables y combinados con bolsas plásticas desechables para facilitar su manipulación.
- Los residuos sólidos peligrosos deben ser almacenados en recipientes especiales, con alta resistencia a la corrosión y ser impermeables. Los residuos sólidos ordinarios siempre deben estar separados de los peligrosos.

- Los residuos peligrosos se deben o disponer de forma segura, ya sea bajo incineración o en relleno de seguridad.
- Las áreas designadas para el almacenamiento de los residuos sólidos, ordinarios y especiales, deben quedar ubicadas en lugares visibles y de fácil identificación por cada una de las personas vinculadas al proyecto (figura 7-24).
- El tiempo de almacenamiento debe ser tal que los residuos - ya sean ordinarios o especiales - no presenten ningún tipo de descomposición.
- Se debe recuperar la mayor cantidad de residuos sólidos posibles con el fin de alargar la vida de los rellenos sanitarios, para lo cual deberá desecharse únicamente lo que no es reutilizable.
- Para la disposición final, se debe delimitar el relleno sanitario de materiales residuales y construir canales y diques contenedores, con el fin de impedir que las aguas de escorrentía sean afectadas por aguas contaminadas provenientes de estas disposiciones.
- Realizar un manejo técnico de gases en el área de rellenos sanitarios, para evitar acumulaciones que pongan en riesgo al personal del proyecto.
- Planificación de la disposición final de los desechos provenientes del desmantelamiento. Los materiales reutilizables serán retirados por el contratista y dispuestos, según su interés, en otro sitio u obra que esté adelantando (es posible que en el desmantelamiento de los campamentos y centros de acopio construidos se generen escombros que deben ser dispuestos de la mejor forma posible sin que afecten el funcionamiento normal de los ecosistemas circundantes).

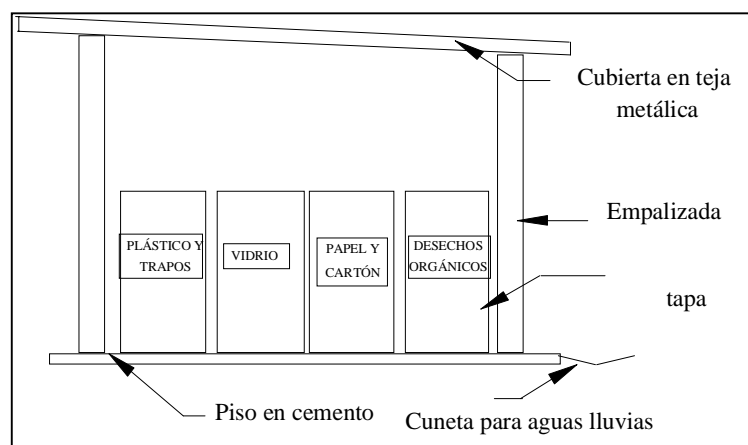


Figura. 7.24 Disposición de Residuos Sólidos.  
Fuente: Guía Ambiental para redes de Distribución.

**CME - 07 - 18**

***Manejo de Fauna y Flora***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, COMPENSACIÓN Y MITIGACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoción de Tierras</li> <li>• Manejos de Cuerpos de Agua</li> <li>• Transporte de maquinaria y de vehículos</li> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Disposición de Estériles y Escombros</li> <li>• Extracción de Minerales</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

La explotación minera ocasiona fuertes impactos ambientales sobre las comunidades de fauna y flora. Las formas más comunes de manejo ambiental inician con el diseño de un plan de conservación de las mismas. Se presenta a continuación una serie de medidas específicas de manejo, de los componentes fauna y flora, frente a su afectación y recuperación:

- La mejor manera de manejo ambiental para las comunidades de fauna y flora es evitar su afectación y uso de bosques naturales. Cuando es inminente la afectación de estos hábitats, se deben implementar medidas protectoras para los fragmentos de bosque que no sea necesario intervenir, de tal forma que se conviertan en refugios biológicos o en corredores de fauna. Igualmente pueden darse otras medidas compensatorias como rescate de individuos vegetales (semillas y plántulas) y animales (aves, anfibios, reptiles y mamíferos).
- Separación de la capa orgánica y conservación para uso posterior.
- El manejo del componente biótico para los sitios degradados por la explotación minera, inicia con la recuperación del suelo, a partir del aporte de materia orgánica y del manejo de su humedad correspondiente. Estas medidas son básicas para que el suelo recupere su estructura y función como sustrato de la vegetación.
- Para realizar la recuperación de la cubierta vegetal, no necesariamente debe pensarse en especies vegetales arbóreas, sino tratar de imitar los patrones espaciales y temporales que exhibe la vegetación de la zona a restaurar. Esto no sólo se orienta hacia el tipo de especies de cada una de las zonas, sino también a sus combinaciones más exitosas de especies y formas. Es importante anotar que los ecosistemas naturales no son masas homogéneas de árboles, tal como lo es una plantación forestal.
- La reforestación, es una medida de recuperación de la cubierta vegetal. Que debe realizarse bajo la asesoría de expertos en restauración de bosques, ya que existen muchos tipos de zonas de vida, con formaciones vegetales y comunidades de fauna y flora diferentes por lo tanto. No se trata de establecer bosques, sino de potencializar su función ecológica.
- El proceso de recuperación de la cubierta vegetal lleva tiempo y presupuesto. No sólo se trata de seleccionar especies y plantarlas con las densidades y combinaciones sugeridas, sino que se debe hacer mantenimiento de las mismas como podas de crecimiento, sanidad vegetal, y replanteo, si es necesario, durante el tiempo que requiera para su autosostenimiento.
- Teniendo en cuenta que no todo el ecosistema es uniforme, se sugieren diferentes fórmulas florísticas de recuperación de la cubierta vegetal, tales como: el patrón de plantación al tres bolillo, patrón de mosaico, inducción de matorrales y rastrojos, cordones protectores de márgenes de ríos y quebradas (cordones riparios), barreras cortaviento y acústicas. Las figuras 7.25 a 7.30 presentan varios métodos de revegetación, combinando especies vegetales y dependiendo de la cercanía a cuerpos de agua.

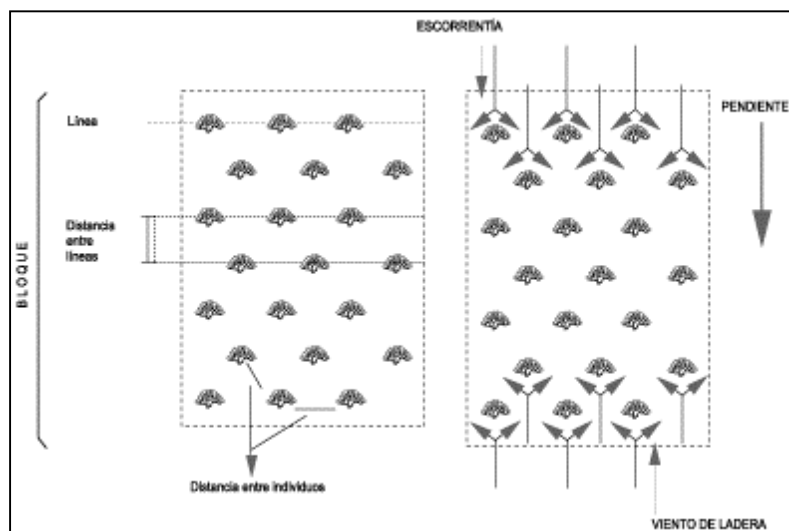


Figura 7.25. Patrón de plantación al tres bolillo  
Fuente: Protocolo Distrital de Restauración Ecológica.

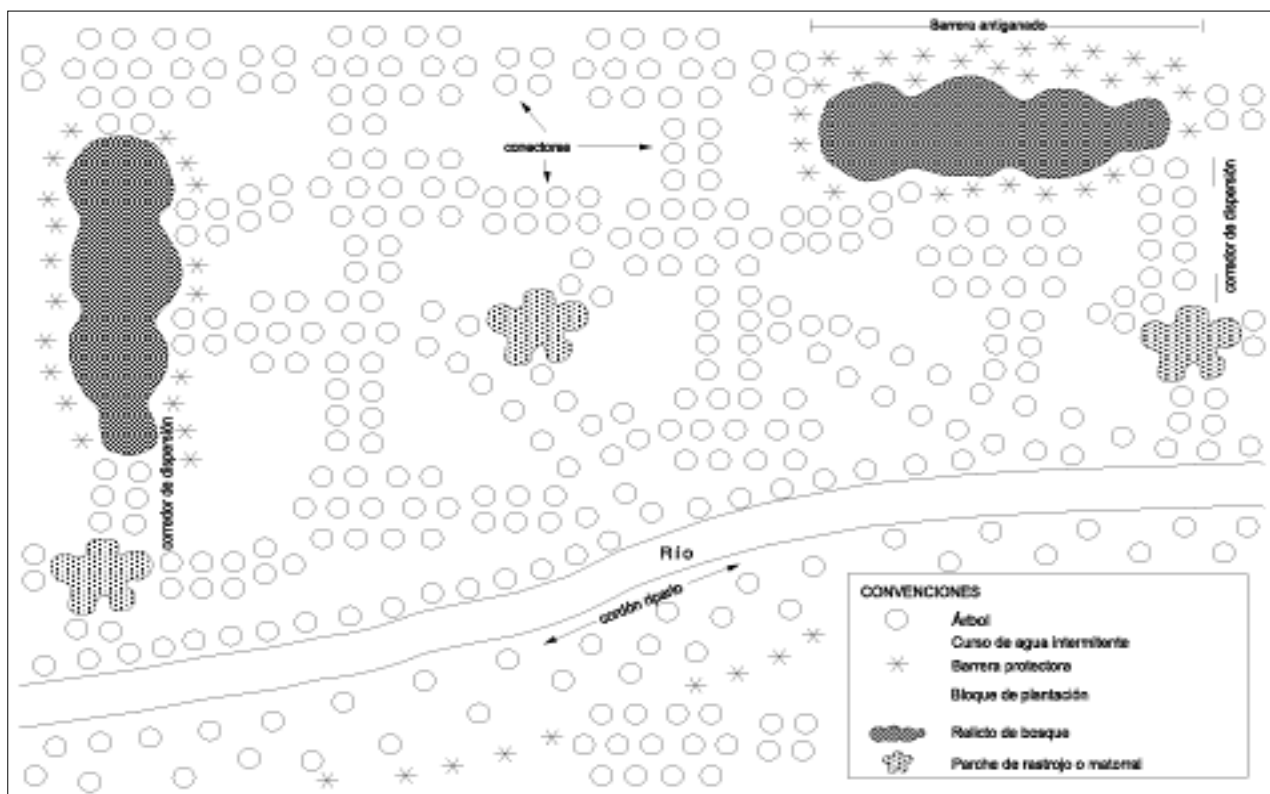


Figura 7.26. Plantaciones forestales protectoras (patrón de mosaico)  
Fuente: Protocolo Distrital de Restauración Ecológica.

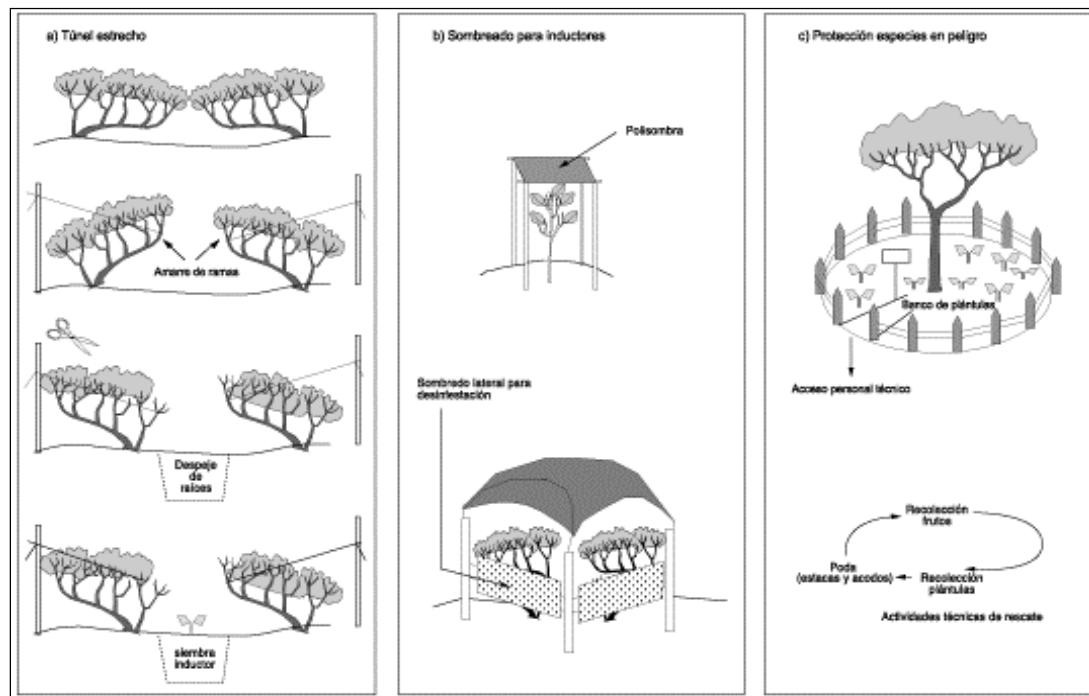


Figura 7.27. Inducción de matorrales y rastrojo  
Fuente: Protocolo Distrital para la Restauración Ecológica

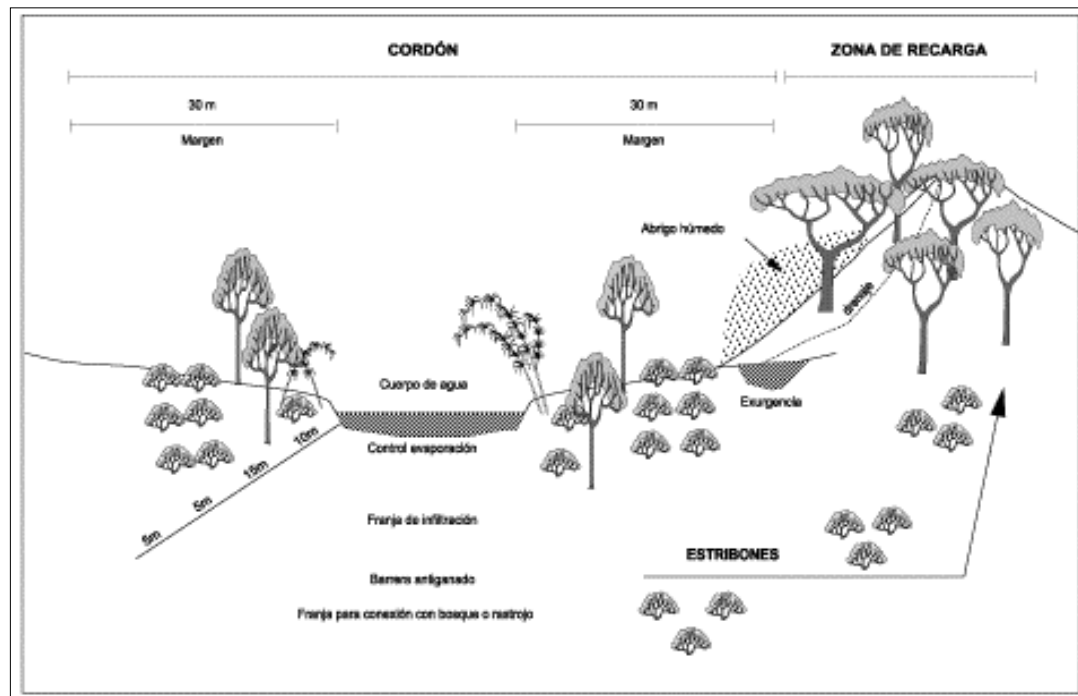


Figura 7.28. Cordones riparios  
Fuente: Protocolo Distrital para la Restauración Ecológica

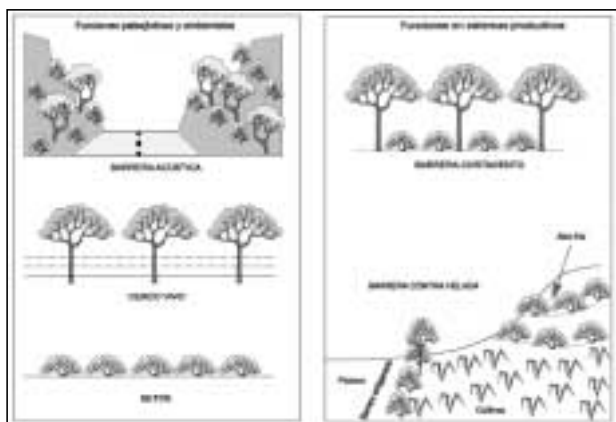


Figura 7.29. Patrón vertical de barreras vegetales.  
Fuente: Protocolo Distrital para la Restauración Ecológica.

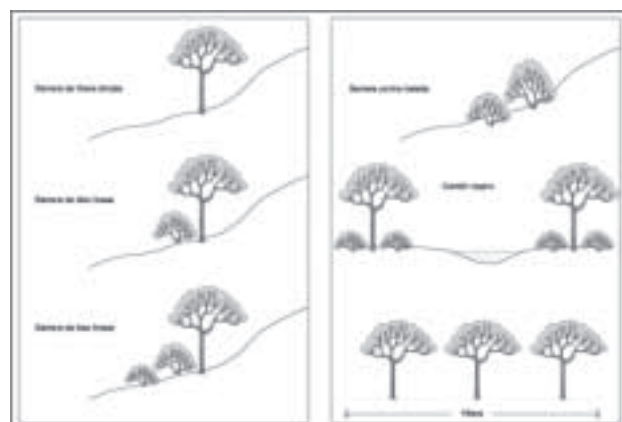


Figura 7.30. Función y tipo de barreras vegetales.

- Una vez se establecen algunos centros de formaciones vegetales, y se esté monitoreando su crecimiento, se debe tratar de eliminar los factores perturbadores, para que pueda ser gradualmente colonizada por comunidades faunísticas (avifauna, insectos, reptiles y anfibios).
- Las charcas y pozos que quedan por un pit, se pueden convertir en hábitats acuáticos. Inicialmente se van colonizando por pastos acuáticos (Cyperaceas, Ninfáceas etc.) y luego por avifauna acuática, que puede encontrar allí sitios de nidación y refugio. En este caso se debe hacer un registro de la diversidad en función del tiempo y un registro visual de las áreas colonizadas y su progreso. Con una asesoría de la autoridad ambiental se podrá determinar si esta puede ser una alternativa de recuperación de comunidades de flora y fauna.



Zonas de compensación forestal (Cortesía David Buitrago Salomón)



Foto: Recuperación paisajista de talud sobre su cresta (Cortesía Adolfo Correa)



Foto: Siembra sobre zona de escombreras. (Cortesía Adolfo Correa)



## CME - 07 - 19

***Plan de Gestión Social***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN, MITIGACIÓN, CORRECCIÓN Y COMPENSACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y voladura</li> <li>• Explotación</li> <li>• Transporte</li> <li>• Cierre y abandono</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Es importante que el concesionario minero interactúe con los dueños de predios, comunidades, ONG's, y autoridades locales, ambientales y mineras; para lo cual debe diseñarse un plan de Gestión Social que promueva las relaciones armónicas. Este Programa es el eje conductor de toda la Gestión Ambiental, se basa en el principio de responsabilidad social empresarial y tiene como objetivo construir la sostenibilidad integral del proyecto. Se sugiere consultar los lineamientos estratégicos sobre participación ciudadana y comunitaria del sector minero-energético. Las medidas contempladas para el plan de gestión social son:

1. Programa de Información y participación comunitaria:

Se fundamenta en el compromiso constitucional de informar a las comunidades localizadas en el área de influencia directa del proyecto, sobre la naturaleza del mismo, los impactos ambientales identificados y las medidas previstas. Una vez iniciadas las actividades licenciadas, deberán periódicamente ser informadas y participar de los resultados de la implementación del manejo ambiental y de las medidas correctivas que de éste se deriven. Todo lo anterior, conforme al Artículo 30 del 1728/02 del Minambiente.

Para el desarrollo del programa es necesario tener en cuenta el reconocimiento de la diversidad social y cultural de las comunidades localizadas en la zona del proyecto.

En la planeación específica para las actividades relacionadas con la explotación del mineral, se deben realizar reuniones con la comunidad. En las que se exponen algunos detalles pertinentes y de interés comunitario, las características de las obras, los procesos constructivos y operativos, las posibles afectaciones en los predios, y las posibilidades reales de empleo local.

Para la realización de reuniones, se sugiere realizarlas en escuelas o sitios de congregación usual en la zona. La participación de los grupos étnicos en la gestión ambiental se debe realizar de acuerdo con la legislación vigente.

La información que se brinde a las comunidades y a las autoridades debe ser clara, accesible y actualizada.

Para una mejor coordinación de los aspectos sociales y comunitarios, es importante que el concesionario minero organice un vínculo permanente con la comunidad, mantenga una constante comunicación con las autoridades ambientales y cuente con una persona que atienda las quejas, sugerencias y reclamos, y se encargue de registrar y resolver esos asuntos.

2. Programa de Educación Ambiental:

La educación ambiental, es la base de una buena gestión ambiental, ya que facilita la planeación y ejecución del manejo ambiental y posibilita la disminución de los efectos negativos que puede generar el proyecto, desde la construcción y montaje de la obra, hasta su cierre y abandono. Por lo tanto, todo proyecto minero debe incluir un programa de educación ambiental, dirigido a dos públicos: a las comunidades asentadas en la zona del proyecto y al personal vinculado al proyecto (incluida la dirección de la empresa).



La educación ambiental para las comunidades se realiza a partir del diálogo de saberes, y se orienta hacia el diseño y la ejecución de las acciones pedagógicas y participativas, que contribuyan al manejo sostenible del ambiente y al establecimiento de pautas para la convivencia armónica entre el proyecto, la comunidad y el entorno natural, así como al fortalecimiento de la capacidad de autogestión comunitaria.

La participación del personal vinculado al proyecto dentro de los programas de educación ambiental, tiene varios objetivos, entre los cuales está la promoción del respeto por los recursos naturales renovables de influencia del proyecto minero. Algunos de los temas sugeridos para realizar el programa de educación ambiental minero son:

- Concientización ambiental de todos los empleados relacionados directa o indirectamente con el proyecto
- Normatividad legal regional y nacional sobre la protección ambiental, entidades encargadas de su regulación.
- Funciones y responsabilidades sobre la Gestión Ambiental para el proyecto minero.
- Importancia de los recursos naturales renovables sobre el paisaje regional y sus funciones ecológicas de beneficio humano directo e indirecto.
- Discusión de las alternativas ambientales de producción minera más limpia.
- Importancia de una buena gestión y desempeño minero.
- Importancia del cumplimiento ambiental.
- Consecuencias del incumplimiento ambiental y de una gestión y desempeño deficientes.

Se deben diseñar cursos de educación ambiental y de capacitación para todo el personal que se relacione con el proyecto minero y se deben ajustar a la realidad del proyecto. Además se deben tener en cuenta los siguientes aspectos logísticos y de funcionamiento:

- Se deben seleccionar sitios adecuados para presentar los talleres, seminarios, charlas técnicas y otro material de capacitación ambiental.
- Se pueden establecer algunos incentivos académicos al personal de la empresa, para que con sus ideas, se mejoren los controles ambientales de emisiones, vertimientos y manejo de residuos sólidos, tanto de los procesos como de las actividades de las fichas del plan de manejo ambiental.
- Es importante para la eficiencia del programa de educación ambiental efectuar un seguimiento a su calidad y resultados, mediante evaluación al personal que la recibe, a los docentes que la imparten y a su contribución al mejoramiento del cumplimiento y desempeño ambiental.

La aplicación del programa de educación ambiental se realizará durante toda la vida útil del proyecto de exploración y explotación de la concesión minera, durante las actividades extractivas y durante el cierre y abandono de las actividades mineras e industriales.

### 3. Programa de Fortalecimiento Institucional:

Es muy importante para el proyecto minero mantener una buena imagen que le permita mejorar la coordinación con las autoridades municipales, departamentales, ambientales, mineras y las demás que se encuentren presentes en el área de influencia del proyecto minero. El fortalecimiento institucional para la empresa minera debe estar contemplado durante toda su vida útil.

Las medidas recomendadas para el fortalecimiento institucional contemplan;

- Armonizar las relaciones internas, al igual que las externas con Alcaldías municipales en su área de influencia, los departamentos, las Corporaciones Autónomas Regionales competentes, las autoridades mineras y otras entidades del sector público de interés.
- Buscar mecanismos de concertación entre la administración municipal, la comunidad y el proyecto minero; de tal forma que se aclaren las participaciones económicas, las responsabilidades, los deberes y los derechos.
- Participación del concesionario minero y su institución en aquellas actividades que considere importantes en su área de influencia y que tengan relación con su objeto social.
- Reconocimiento de la organización minera como único interlocutor válido.
- Selección de los proyectos o actividades, en los cuales participará la empresa.

### 4. Programa de Contratación de Mano de Obra:

En el desarrollo de las actividades de Construcción y Montaje, Explotación y Cierre y Abandono se requiere contratar personal de apoyo, tanto calificado como no calificado. Esta situación puede ser positiva, si es vista

como generación de empleo para la zona; pero también puede ser negativa, porque puede generar problemas de inequidad social y de inducción de migraciones humanas, acarreando otros conflictos sociales. La oferta de mano de obra no calificada, en la mayoría de las áreas donde se encuentran las minas y los sitios de almacenamiento y procesamiento, es bastante importante, por lo cual deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Determinación de las necesidades de mano de obra, con base en los requerimientos de cada actividad propia de la explotación minera.
- Divulgación de las necesidades de mano de obra que puedan ser cubiertas por personal de la zona. Se recomienda tratar el tema de contratación de personal, en reuniones con la comunidad y con sectores organizados de la misma (Juntas de Acción Comunal, Cooperativas y otro tipo de organización local comunitaria). También es recomendable asesorarse de las autoridades locales y de la personería municipal.
- Incentivar los grupos asociativos que puedan servir de contratistas a la empresa o a otras instituciones de la región.
- La contratación de personal no calificado para la realización de las diversas labores de apoyo, debe darse prioritariamente con personal local.
- Debe establecerse claramente el perfil de las personas que se requieren para la obra y, hacer una selección objetiva de los solicitantes.

### CME - 07 - 20

#### ***Educación Ambiental***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles</li> <li>• Extracción del Mineral</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Sobrantes</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

La educación ambiental, es la base de una buena gestión ambiental, ya que facilita la planeación y ejecución del manejo ambiental y posibilita la disminución de los efectos negativos que puede generar el proyecto, desde la construcción y montaje de la obra, hasta su cierre y abandono. Por lo tanto, todo proyecto minero debe incluir un programa de educación ambiental, dirigido a dos públicos: a las comunidades asentadas en la zona del proyecto y al personal vinculado al proyecto (incluida la dirección de la empresa).

La educación ambiental para las comunidades se realiza a partir del diálogo de saberes, y se orienta hacia el diseño y la ejecución de las acciones pedagógicas y participativas, que contribuyan al manejo sostenible del ambiente y al establecimiento de pautas para la convivencia armónica entre el proyecto, la comunidad y el entorno natural, así como al fortalecimiento de la capacidad de autogestión comunitaria.

La participación del personal vinculado al proyecto dentro de los programas de educación ambiental, tiene varios objetivos, entre los cuales está la promoción del respeto por los recursos naturales renovables de influencia del proyecto minero. Algunos de los temas sugeridos para realizar el programa de educación ambiental minero son:

- Concientización ambiental de todos los empleados relacionados directa o indirectamente con el proyecto
  - Normatividad legal regional y nacional sobre la protección ambiental, entidades encargadas de su regulación.
  - Funciones y responsabilidades sobre la Gestión Ambiental para el proyecto minero.
  - Importancia de los recursos naturales renovables sobre el paisaje regional y sus funciones ecológicas de beneficio humano directo e indirecto.
  - Respeto por la comunidad y autoridades ambientales, mineras y territoriales.
  - Discusión de las alternativas ambientales de producción minera más limpia.
  - Normatividad existente sobre participación ciudadana, metodología estratégica y herramientas que le permitan al minero interactuar adecuadamente con la comunidad.
  - Importancia de una buena gestión y desempeño minero.
  - Importancia del cumplimiento ambiental.
  - Consecuencias del incumplimiento ambiental y de una gestión y desempeño deficientes.
- Se deben diseñar cursos de educación ambiental y de capacitación para todo el personal que se relacione con el proyecto minero y se deben ajustar a la realidad del proyecto. Además se deben tener en cuenta los siguientes aspectos logísticos y de funcionamiento:
- Se deben seleccionar sitios adecuados para presentar los talleres, seminarios, charlas técnicas y otro material de capacitación ambiental.
  - Se pueden establecer algunos incentivos académicos al personal de la empresa, para que con sus ideas, se mejoren los controles ambientales de emisiones, vertimientos y manejo de residuos sólidos, tanto de los procesos como de las actividades de las fichas del plan de manejo ambiental.
  - Es importante para la eficiencia del programa de educación ambiental efectuar un seguimiento a su calidad y resultados, mediante evaluación al personal que la recibe, a los docentes que la imparten y a su contribución al mejoramiento del cumplimiento y desempeño ambiental.
- La aplicación del programa de educación ambiental se realizará durante toda la vida útil del proyecto de exploración y explotación de la concesión minera, durante las actividades extractivas y durante el cierre y abandono de las actividades mineras e industriales.

### CME - 07 - 21

#### ***Fortalecimiento Institucional***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles</li> <li>• Extracción del Mineral</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Sobrantes</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Es muy importante para el proyecto minero mantener una buena imagen que le permita mejorar la coordinación con las autoridades municipales, departamentales, ambientales, mineras y las demás que se encuentren presentes en el área de influencia del proyecto minero. El fortalecimiento institucional para la empresa minera debe estar contemplado durante toda su vida útil.

Las medidas recomendadas para el fortalecimiento institucional contemplan;

- Armonizar las relaciones internas, al igual que las externas con Alcaldías municipales en su área de influencia, los departamentos, las Corporaciones Autónomas Regionales competentes, las autoridades mineras y otras entidades del sector público de interés.
- Buscar mecanismos de concertación entre la administración municipal, la comunidad y el proyecto minero; de tal forma que se aclaren las participaciones económicas, las responsabilidades, los deberes y los derechos.
- Participación del concesionario minero y su institución en aquellas actividades que considere importantes en su área de influencia y que tengan relación con su objeto social.
- Reconocimiento de la organización minera como único interlocutor válido.
- Selección de los proyectos o actividades, en los cuales participará la empresa.
- Dar a conocer la importancia de la Geología y las concesiones mineras dentro de la formulación de Planes o Esquemas de Ordenamiento Territorial.

**CME - 07 - 22**

***Contratación de Mano de Obra***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles</li> <li>• Extracción del Mineral</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Sobrantes</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

En el desarrollo de las actividades de Construcción y Montaje, Explotación y Cierre y Abandono se requiere contratar personal de apoyo, tanto calificado como no calificado. Esta situación puede ser positiva, si es vista como generación de empleo para la zona; pero también puede ser negativa, porque puede generar problemas de inequidad social y de inducción de migraciones humanas, acarreado otros conflictos sociales. La oferta de mano de obra no calificada, en la mayoría de las áreas donde se encuentran las minas y los sitios de almacenamiento y procesamiento, es bastante importante, por lo cual deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Determinación de las necesidades de mano de obra, con base en los requerimientos de cada actividad propia de la explotación minera.
- Divulgación de las necesidades de mano de obra que puedan ser cubiertas por personal de la zona. Se recomienda tratar el tema de contratación de personal, en reuniones con la comunidad y con sectores organizados de la misma (Juntas de Acción Comunal, Cooperativas y otro tipo de organización local comunitaria). También es recomendable asesorarse de las autoridades locales y de la personería municipal.
- Incentivar los grupos asociativos que puedan servir de contratistas a la empresa o a otras instituciones de la región.
- La contratación de personal no calificado para la realización de las diversas labores de apoyo, debe darse prioritariamente con personal local.
- Debe establecerse claramente el perfil de las personas que se requieren para la obra y, hacer una selección objetiva de los solicitantes.

**CME - 07 - 23**

***Rescate Arqueológico***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles</li> <li>• Extracción del Mineral</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Escombros</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

Por mandato de la Constitución Política (Artículos 63, 72) y de la Ley 397 de 1997, se debe promover la protección del patrimonio arqueológico y otros bienes culturales que conforman la identidad nacional. El patrimonio arqueológico es un concepto amplio que incluye muebles e inmuebles originarios de culturas desaparecidas, o que pertenezcan a la época colonial, así como los restos humanos y orgánicos de esas culturas. Igualmente, forman parte de dicho patrimonio los elementos geológicos y paleontológicos relacionados con la historia del hombre y sus orígenes. También pueden formar parte del patrimonio arqueológico, los bienes muebles e inmuebles representativos de la tradición e identidad culturales pertenecientes a las comunidades indígenas actualmente existentes, si el Ministerio de Cultura así lo determina. En tal caso el concesionario minero deberá dar aviso a la autoridad competente y consultar los procedimientos legales.

La labor minera puede alterar lugares donde se presenten algunos de los elementos que conforman el patrimonio arqueológico nacional, por tal razón se deben implementar acciones que incluyen;

- Elaborar una prospección arqueológica sobre lugares y sitios que pueden ser afectados por la minería.
- Delimitar y valorar el potencial arqueológico de cada sitio, de acuerdo con el estado actual de las investigaciones para la zona.
- Llevar a cabo las indicaciones establecidas por el ICANH del Ministerio de Cultura.

**CME - 07 - 24**

***Manejo Paisajístico***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
PREVENCIÓN Y CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción y Montaje</li> <li>• Perforación y Voladura</li> <li>• Remoción de Estériles</li> <li>• Extracción del Mineral</li> <li>• Patios de Acopio</li> <li>• Disposición de Escombros</li> </ul>
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA	

La explotación minera ocasiona efectos sobre el escenario paisajístico, ya que el contraste entre los elementos de la explotación, los huecos, las edificaciones y el entono, genera un impacto visual. Las grandes remociones de estériles, la conformación de escombreras y lugares de acopio del mineral, desprovistos de vegetación protectora, son identificados a grandes distancias, convirtiéndose en un factor dominante del paisaje.

Las medidas de manejo paisajístico en la labor minera, deben tratar de reducir la degradación del paisaje y planear los diseños de trabajos para que se entremezclen con el paisaje natural. Las obras de formas geométricas y formas muy extendidas crean contrastes antiestéticos con las formas y líneas naturales del paisaje. Debe pensarse el paisaje como recurso visual durante y después de las labores. Para el manejo del paisaje se tendrán en cuenta los siguiente criterios:

- Localización de instalaciones: Se debe buscar siempre armonizar el área de trabajo con el medio circundante, de tal forma que el observador ajena los proyectos mineros no tenga un impacto visual negativo, o que por el contrario su impresión sea mínima.
- Localización de escombreras de estériles: se deben ubicar de tal forma que las estructuras armonicen con el paisaje.
- Dimensionamiento y diseño de escombreras: Los diseños geométricos de las escombreras de estériles deben buscar su integración al paisaje.
- Mantenimiento: Se deben establecer pantallas visuales, que pueden ser de materiales estériles, de vegetación o mixtas. En las figuras 7.32 y 7.33 se muestra la descripción de los sistemas más empleados y lostipos de pantallas visuales.
- Desmantelamiento: Al final de la explotación, la remodelación de los botaderos se debe realizar de acuerdo con las formas del terreno y las pendientes de las laderas.
- Implementar el retrolenado en el menor tiempo posible, casi de forma simultánea, con el fin de emular el estado original del terreno y, por consiguiente, disminuir el impacto paisajístico.

Utilizar geoformas preexistentes como laderas, valles u otras depresiones naturales, con el fin de propiciar el ocultamiento de las escombreras. La figura 7.34 muestra un esquema general de apertura y dirección de avance recomendado con fines de ocultación.

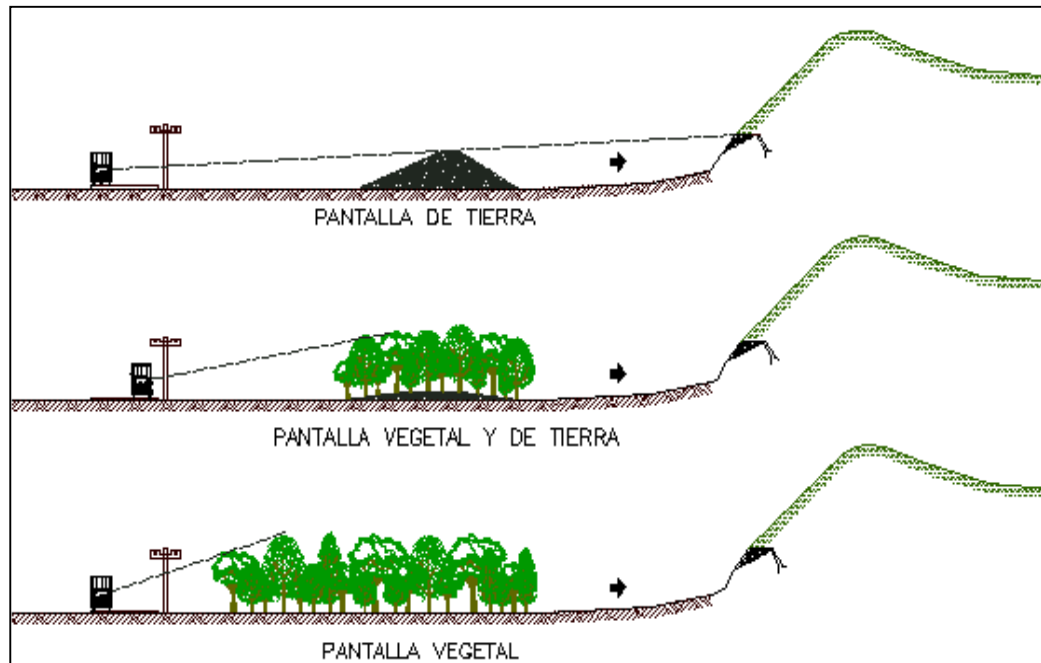


Figura 7.32. Tipos de pantallas visuales. Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989 Citado en MMA & MINERCOL. Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea. 2001.

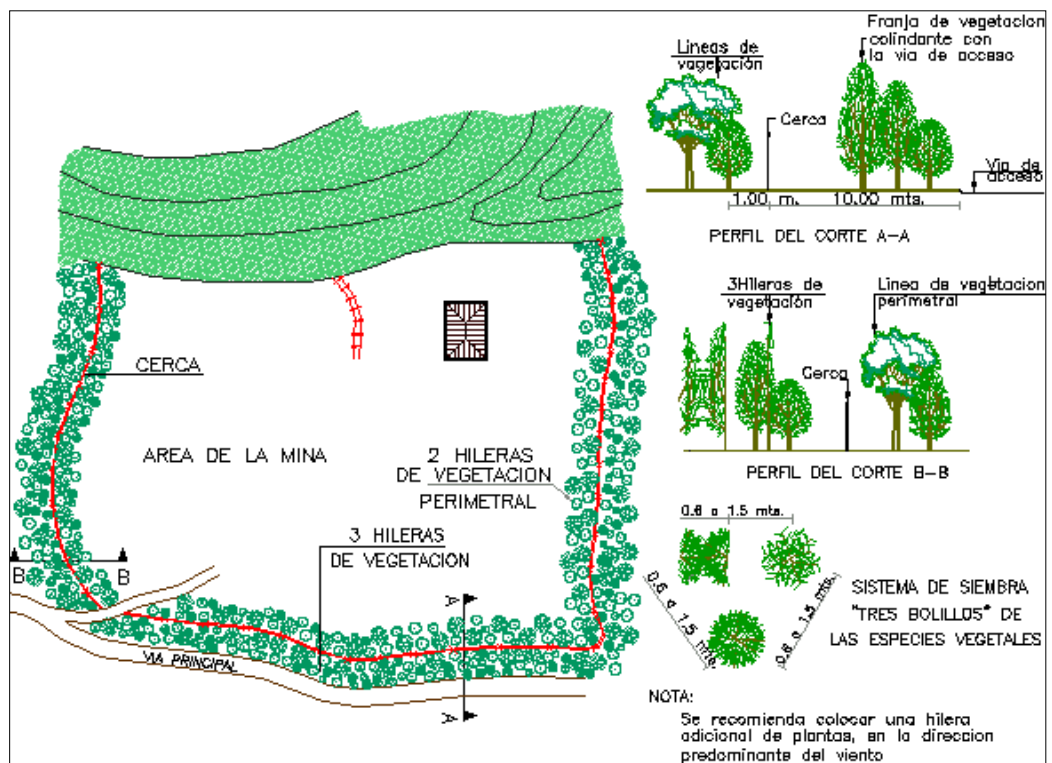


Figura 7.33. Tipos y ubicación de barreras vivas. Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989 citado en MMA & MINERCOL. Guía Ambiental Carbón: Minería Subterránea. 2001.



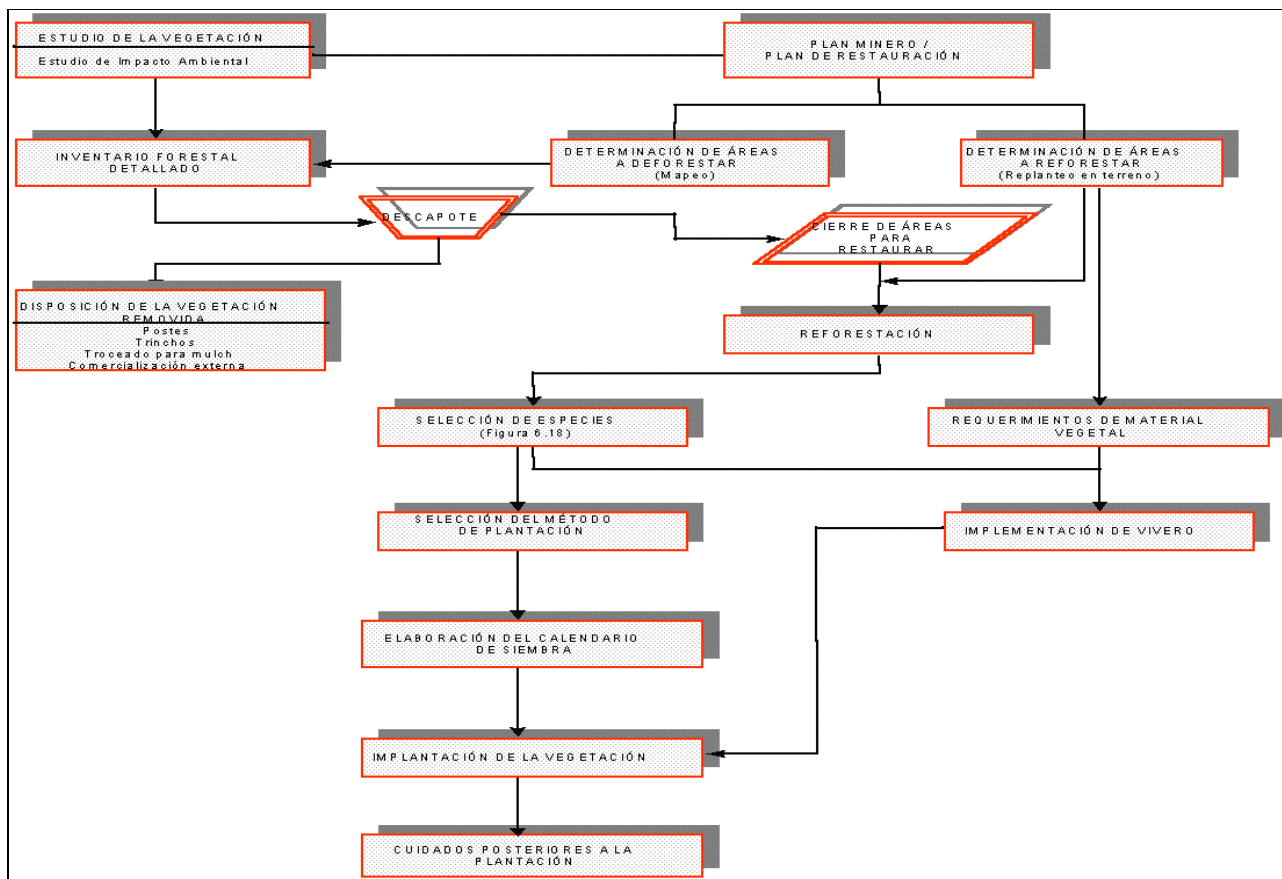


Figura 7.34. Apertura y dirección de avance recomendadas con fines de ocultación

Fuente: MMA & MINERCOL. Guía Ambiental Carbón:: Minería Cielo Abierto. 2001.

- Para la construcción de edificaciones de los proyectos mineros, deberán utilizarse, en lo posible, diseños concordantes con las características propias del entorno, utilizando materiales y construcciones poco contrastantes, tanto con el entorno biofísico, como cultural. Un buen criterio que puede utilizarse con estos fines, está relacionado con el aprovechamiento de las geoformas naturales.
- Si las condiciones del proyecto minero no permiten el llenado final de los tajos, se recomienda proceder con el modelado y estabilización de los taludes, para lograr una armonía morfológica acorde con el entorno fisiográfico y para facilitar la implantación de una cobertura vegetal sobre los mismos.

A continuación se describen las principales acciones que pueden implementarse para el modelado de los taludes.

#### Acciones para el modelado de taludes

1. El modelado de los taludes es una función de las condiciones de estabilidad, tipo y dimensiones del frente, disponibilidad de materiales de relleno y propiedades de éstos.
2. La restauración y tratamiento de los taludes finales es más sencilla de realizar, si éstos fueron desarrollados por sistema de banqueo; entre otras razones, porque el alcance del equipo de cargue permite un mejor saneo y limpieza de los frentes durante la operación.

3. En muchos casos es conveniente disminuir la pendiente del talud general de las explotaciones, o al menos la de los bancos, dejando pequeñas bermas sobre las cuales se acumula material fino y fragmentado, que facilita la revegetalización de estas superficies.
  4. Los taludes banqueados presentan mayores posibilidades de recuperación que los de frente único. La implantación de la vegetación en las bermas ayuda a romper la continuidad y uniformidad del talud, mejorando su apariencia.
  5. Cuando se dispone de materiales estériles de la propia explotación, es posible efectuar un relleno parcial de los frentes para conseguir un perfil del terreno suave y extender sobre ellos la capa de tierra vegetal.
  6. En los taludes únicos en roca de grandes dimensiones, es posible realizar voladuras controladas en puntos estratégicos para crear unos frentes de menor pendiente al pie de los mismos, y pequeñas irregularidades en sus partes altas, que mejoren la textura y apariencia natural. Las discontinuidades producidas por las voladuras formarán pequeños salientes o repisas, que permitirán la acumulación de los finos y una implantación más fácil de vegetación.
- El modelado de las escombreras, aparte de perseguir la generación de geoformas nuevas que armonicen con la fisiografía circundante, deberá ser razonablemente apto para el establecimiento de suelo y la creación posterior de una nueva cobertura vegetal. A continuación se muestra un esquema de modelado de escombreras.

#### Acciones para el modelado de escombreras

1. Teniendo en cuenta que el ojo humano percibe más las dimensiones verticales que las horizontales, es aconsejable darle a las escombreras una forma alargada y de poca altura, en lugar de que sea corta y alta.
2. La distribución del material sobre una ladera en pendiente, hace que en la parte más alejada del observador se aprecie una menor masa aparente.
3. La altura de las escombreras no deberá sobrepasar la cota altitudinal del entorno para que no se destaque en la línea del horizonte.
4. Las líneas curvas sobre superficies suaves producen una intrusión visual menor que las líneas y cortes rectos sobre superficies planas, que acentúan formas y volúmenes.
5. Las litologías con colores fuertes y llamativos intensifican y agravan las sensaciones ópticas de los observadores, al contrastar con el colorido suave y vistosidad natural de suelos y vegetación.
6. Con el objeto de considerar actividades de retrolenado de acuerdo con el proyecto minero, se podrá contemplar en el Estudio de Impacto Ambiental la utilización de escombros externos al proyecto minero.



*Foto. Manejo paisajístico durante y después en áreas de explotación minera (cortesía Adolfo Correa).*

La figura 7.35 muestra un esquema general para hacer manejo del paisaje contemplando varios de los aspectos anteriores.

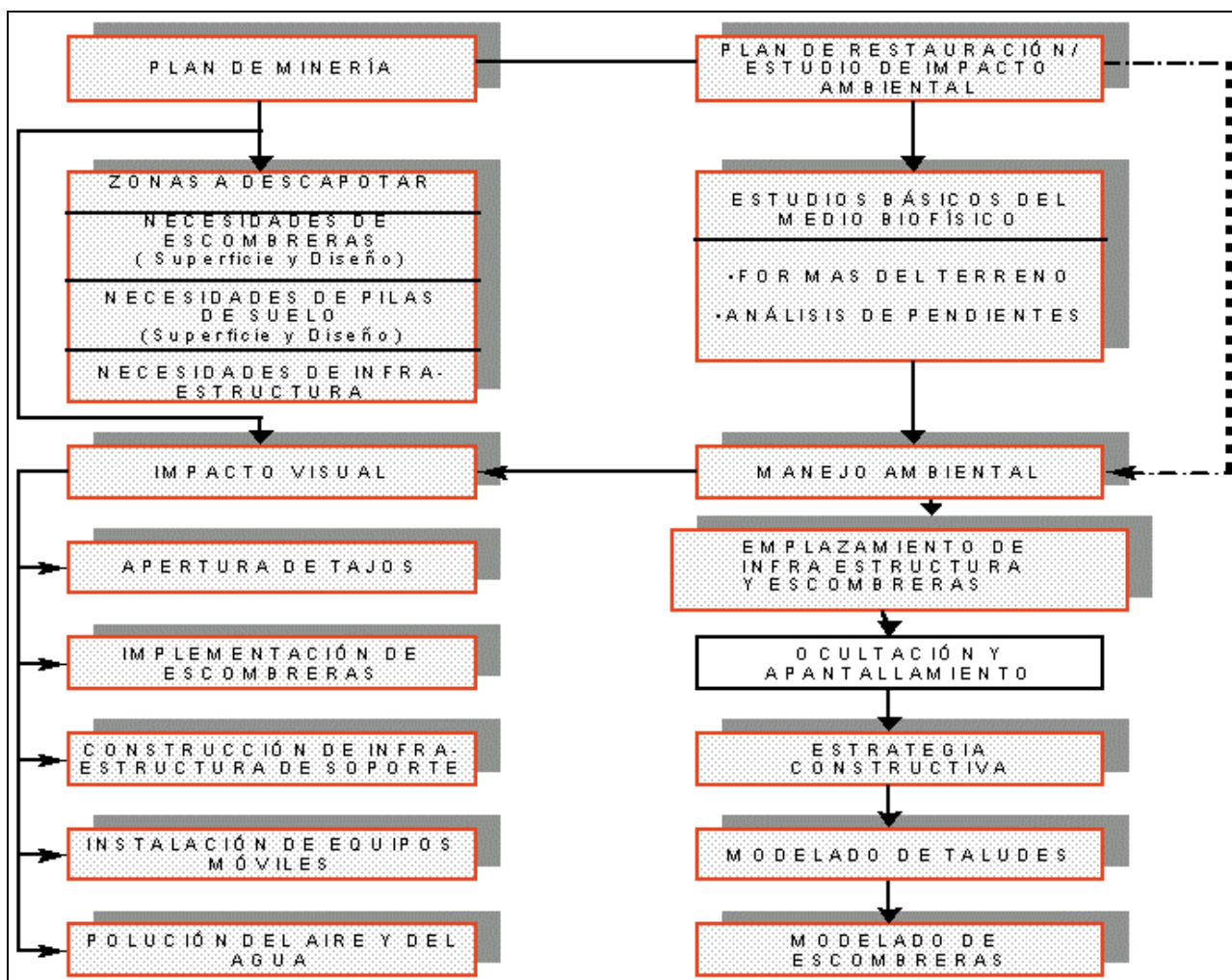


Figura 7.35. Procedimiento sugerido para el manejo del paisaje. Fuente: MMA & MINERCOL. Guía Ambiental Carbón: Minería Cielo Abierto. 2001.

**CME - 07 - 25**

***Plan de Recuperación***

TIPO DE MEDIDA	MOMENTO DE EJECUCIÓN
MITIGACIÓN, COMPENSACIÓN Y CORRECCIÓN	CIERRE Y ABANDONO

**DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA**

La rehabilitación - recuperación o recomposición - de los terrenos afectados por la actividad minera, constituye una actividad de gran importancia por cuanto permite el aprovechamiento posterior de las áreas afectadas por las labores extractivas. Una de las formas de recuperación más utilizadas, para los suelos degradados, es la revegetación posterior a un perfilamiento topográfico, la cual permite recobrar la productividad biológica del suelo, la protección de los recursos hidráulicos, la minimización de la erosión y el acondicionamiento paisajístico del lugar. Se presentan otras formas de recuperación de los terrenos afectados con obras de relleno, explanaciones o retiro de algunos factores perturbadores; sin embargo, debe evaluarse la aplicabilidad de cada medida implementada.

La recomposición de los terrenos, no debe dejarse para una etapa final, sino que se debe considerar como un proceso simultáneo con el aprovechamiento del recurso. A medida que avanzan las labores mineras, el material de cobertura se va incorporando, en forma secuencial, en las escombreras y en las áreas ya explotadas. Así, los suelos recuperados constituyen el soporte de especies de flora que van a contribuir a la fijación de los mismos y, conjuntamente con la revegetación de taludes con especies nativas adaptadas al lugar, el laboreo de dichos suelos con técnicas conservacionistas (según curvas de nivel), y el manejo controlado de los drenajes naturales, conforman un paquete de acciones cuya finalidad fundamental es el combate de los procesos erosivos, tanto en las áreas afectadas como en las vecinas.

Para actividades de minería subterránea, se deben contemplar programas especiales de sellado y cierre de pozos, chimeneas y hundimientos susceptibles de producir riesgos para el ser humano, así como la revegetación de las zonas, de forma que queden integradas en el entorno, y así reducir el impacto ambiental y paisajístico. Una secuencia de pasos de recuperación puede ser la siguiente:

- Incorporación de los materiales procedentes de las escombreras, dentro de los pozos, zanjas y frentes de explotación.
- La recuperación del terreno alterado por la explotación minera (movimientos de tierra y/o revegetación).
- El cierre y sellado de los pozos y la eliminación de la maquinaria y edificaciones existentes.
- La protección de las aguas superficiales y subterráneas, para impedir su contacto con los restos de mineral, que pudieran permanecer tras la finalización de las actividades mineras.
- La revegetación general de la zona para su integración en el entorno.

Para actividades de minería a cielo abierto se requieren acciones de recuperación más complejas, debido al nivel de remoción de la cobertura vegetal y al impacto paisajístico generado. Es preciso tener en cuenta que el proceso de recuperación se debe iniciar desde las fases tempranas de la planeación minera, con el diseño simultáneo del Plan de recuperación. Con ello se busca que, en la medida en que se va alterando el medio biofísico para darle paso a la extracción de minerales, se prevea un manejo ambiental adecuado de vías de acceso, materiales estériles, escorrentía superficial, suelos, vegetación e infraestructura de soporte, etc., con miras a las labores de recuperación.

La base de un plan de recuperación se encuentra tanto en el conocimiento que se tenga del medio biofísico, socioeconómico y cultural del área de acción, como en la existencia y seguimiento riguroso de un plan de minería. Si las alteraciones finales del terreno no son previstas desde un comienzo, es posible que las actividades de recuperación sean casi imposibles de ejecutar, debido a sus altos costos. Por esta razón, las modificaciones del terreno deben ser lo suficientemente estudiadas en forma prospectiva y de acuerdo con la investigación preliminar de la explotación y los planes de minería a ser ejecutados.

Para hacer el diseño del plan de recuperación se deben tener unos objetivos claros sobre el uso postminero, estar de acuerdo con los aspectos legales para las acciones que se deseen emprender (reforestaciones, rellenos, terraplenes, etc.), actuar en armonía con los planes locales y/o regionales de ordenamiento territorial, y realizar los estudios básicos que demuestren la factibilidad del plan de recuperación; de tal forma que no altere negativamente el medio biofísico, el medio socioeconómico y los aspectos culturales. La figura 7.36 muestra una integración de la planeación minera con los usos de la tierra y la recuperación de terrenos.

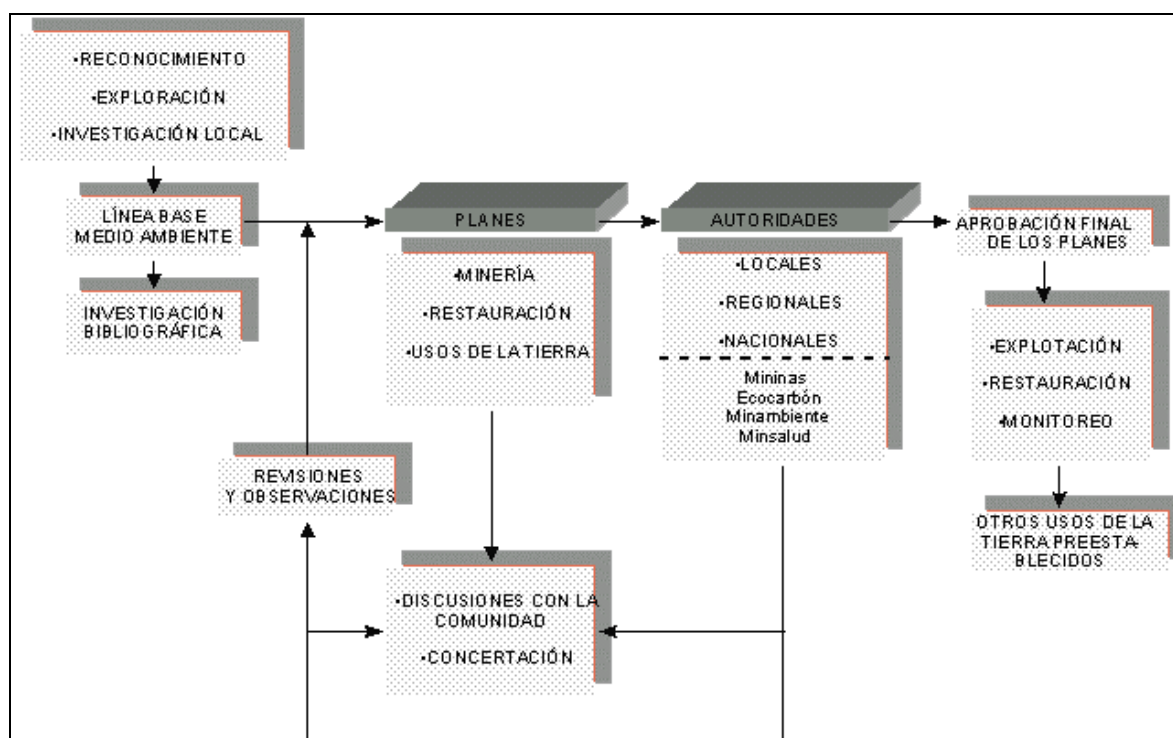


Figura 7.36. Integración de la planeación minera con los usos de la tierra y la restauración de terrenos

FUENTE: «Surface Mining». Kennedy, B. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, 2 ed 1990. citada en MMA & MINERCOL. Guía Ambiental Carbón: Minería Cielo Abierto. 2001.

Finalmente se debe evaluar el estado de las tierras, ya que las explotaciones mineras imponen cambios drásticos en los patrones de uso de la misma, lo cual obliga a la implementación de procesos planificados para la adopción de nuevos tipos de utilización que armonicen con la oferta socio ambiental y cultural de las áreas en donde se emplazan los proyectos mineros, conservando los recursos para el usufructo de generaciones futuras. En áreas intervenidas, será importante examinar qué tipos de usos de la tierra pueden ser prometedores como complemento del proceso de recuperación propuesto. Para el efecto la tabla 7.12 presenta una serie de requerimientos nutritivos y estructurales del suelo en las tierras que se quieren destinar a diversos usos y se orientan las actividades de recuperación.



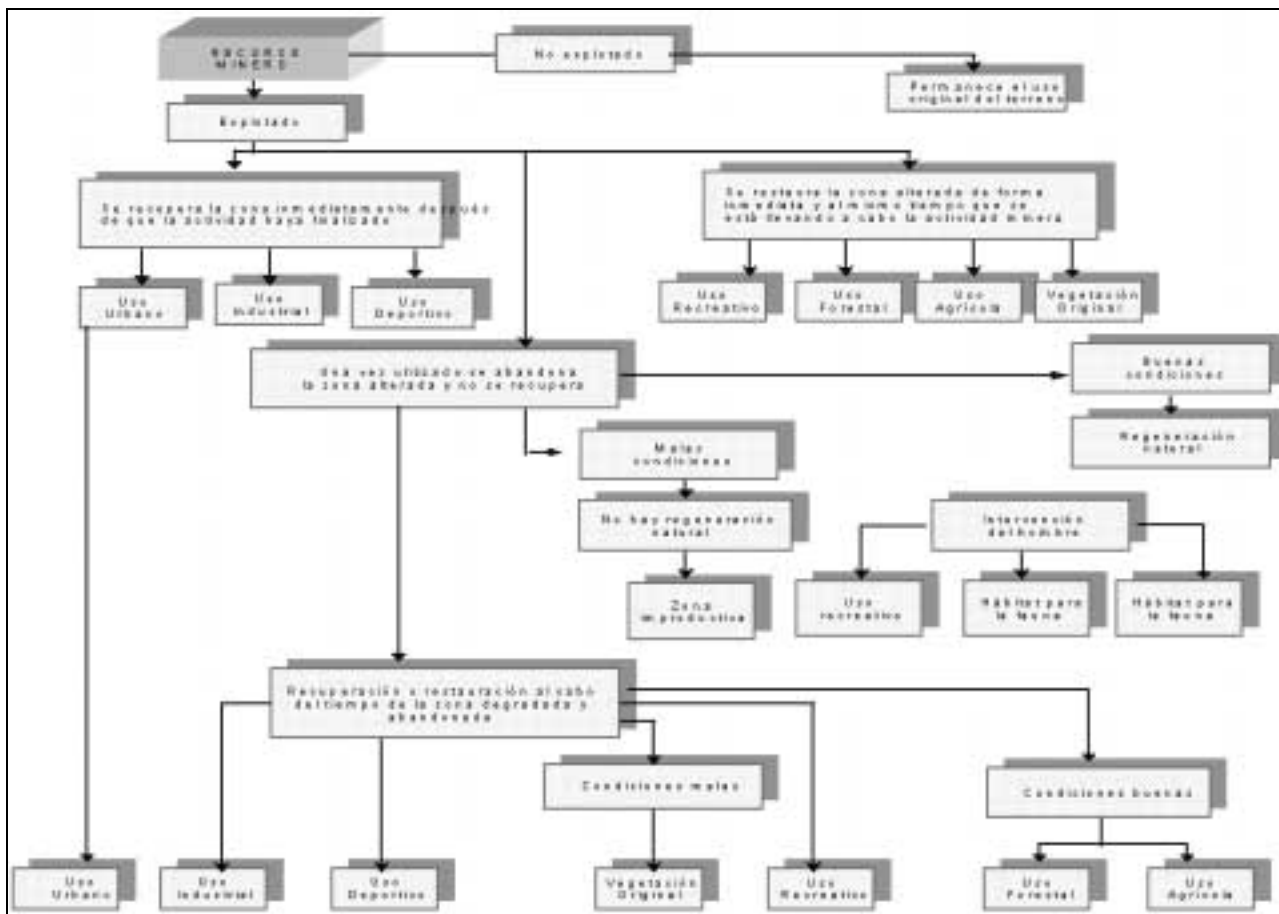


Figura 7.37. Estrategia para la selección de usos de la tierra

FUENTE: «Surface Mining». 2<sup>da</sup> ed. Kennedy, B. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, 1990.



Foto. Adolfo Correa. Uso final de áreas de explotación. Nótese sobre escombrera se dispuso cancha de fútbol.

TIPO DE USO	REQUERIMIENTOS	SOLUCIONES
<b>AGRÍCOLA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Frentes de excavación grandes y poco profundos</li> <li>2. Limitaciones: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Químicas: acidez/alcalinidad, nutrientes y toxicidad.</li> <li>b) Físicas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pedregosidad &gt; 15%, imposible el uso agrícola</li> <li>- Pendiente: &lt; 15o pastizal. &lt; 5o cultivos arables.</li> <li>- Disponibilidad de agua.</li> <li>- Riesgo de erosión.</li> </ul> </li> </ol> </li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abonar</li> <li>• Añadir materia orgánica</li> <li>• Adicionar caliza para corregir acidez</li> <li>• Aportar elementos finos</li> <li>• Disminuir la pendiente</li> <li>• Mejorar el drenaje</li> <li>• Establecer la vegetación</li> </ul>
<b>FORESTAL</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. No se precisan suelos de gran fertilidad.</li> <li>2. Limitación en taludes con pendientes &gt; 70% (35o).</li> <li>3. Superficies de cierta extensión (&gt; 0,25 ha).</li> <li>4. Espesor del suelo y subsuelo para su implantación, diferente según la especie.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Añadir materia orgánica.</li> <li>• Añadir elementos finos.</li> <li>• Posible aportación de nutrientes.</li> <li>• Buen drenaje.</li> <li>• Modificar pendiente si es necesario.</li> <li>• Establecimiento de la cobertura vegetal.</li> </ul>
<b>RECREATIVO PASIVO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estabilidad de los taludes</li> <li>2. Retirada de elementos que puedan dar lugar a accidentes.</li> <li>3. El uso recreativo no intensivo y educacional requiere grandes superficies, que pueden sobrepasar las 10 ha en muchos casos.</li> <li>4. Localización: cerca de núcleos urbanos y rurales.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remodelado del terreno.</li> <li>• Corrección de pendientes.</li> <li>• Medidas estructurales si son necesarias.</li> <li>• Establecimiento de la cobertura vegetal.</li> </ul>
<b>EMBALSE Y ABASTECIMIENTO DE AGUA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudio del régimen hidrológico de la cuenca en donde se encuentre emplazada la explotación.</li> <li>2. Caracterización de las aguas confinadas en los huecos.</li> <li>3. Estudio de las necesidades de agua para riego (uso consuntivo), en función de los cultivos o de la vegetación que lo requiera.</li> <li>4. Estudio de las necesidades de agua para consumo humano.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Readecuación del sistema de drenaje superficial, incorporando la lámina de agua de los huecos a éste.</li> <li>• Evaluación de alternativas de tratamiento de las aguas, de acuerdo con los usos a los cuales vaya a ser sometido el recurso.</li> </ul>
<b>CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Requerimientos mínimos, aunque es necesario un sustrato adecuado capaz de facilitar el crecimiento de la vegetación natural.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de la cobertura vegetal.</li> </ul>
<b>RELLENO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estudio de la permeabilidad de los materiales rocosos.</li> <li>2. Estudio de las características de los materiales a disponer.</li> <li>3. Ubicación en lugares poco visibles.</li> <li>4. Localización: cerca de núcleos urbanos e industriales.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impermeabilización, cuando sea necesario.</li> <li>• Mejoramiento del drenaje interno y superficial.</li> </ul>

Tabla 7.12. Tipos de uso de la tierra, requerimientos y medidas de manejo  
Fuente: Guía Ambiental Carbón: Minería a Cielo Abierto, MMA, 2001.



## CME 8

**Seguimiento, Monitoreo y Evaluación**

El monitoreo ambiental se hace después de que se establecen las medidas de manejo ambiental para el proyecto minero. Es un procedimiento válido para verificar la eficacia de la ejecución de dichas medidas. Para realizar el monitoreo se seleccionan indicadores específicos, por medio de los cuales se pueden identificar los cambios que está generando el proyecto. Los datos obtenidos en el monitoreo permiten reevaluar acciones con el fin de corregir, minimizar o mitigar las posibles afectaciones.

**Objetivos**

- Realizar mediciones sistemáticas y hacerle seguimiento a cada uno de los componentes, en los cuales, sus actividades produzcan impactos y frente a los que se implementan medidas de manejo
- Confrontar los resultados del monitoreo con los criterios de calidad establecidos por la normatividad ambiental vigente, o por los estándares de calidad que hayan sido adoptados por cada proyecto minero, con el fin de establecer la eficiencia y eficacia de las medidas de control y de manejo implementados. Esta evaluación deberá consignarse en informes que se rendirán

periódicamente tanto a nivel interno como externo.

**Temporalidad**

Se realiza durante las etapas de desarrollo, extracción y cierre (recuperación) de las explotaciones.

**Actividades a desarrollar**

Las actividades a desarrollar están representadas en el diseño de un programa integral de monitoreo y, en la ejecución del mismo. Generalmente, los Estudios de Impacto Ambiental y, los Planes de Manejo Ambiental traen consigo el diseño de un Programa de Monitoreo y, en ocasiones, su implementación se presenta de manera temprana dentro de los estudios básicos de éstos. Estas primeras mediciones son de gran importancia, por cuanto pueden constituirse en niveles de referencia del comportamiento ambiental del área del proyecto antes de su instalación, o como mínimo, servirán de base para la reestructuración del programa de monitoreo, una vez se haya instalado el proyecto minero. En este capítulo se presentará un esbozo de la estructura general del programa de monitoreo, integrando los elementos ambientales objeto de medición.

## ***Diseño del Programa de Monitoreo***

Se sugiere considerar por lo menos, los aspectos referenciados en la tabla 8.1 para el diseño del programa de monitoreo ambiental.

ASPECTO	DESCRIPCION
Sitios de Muestreo	En función de las características del componente o elemento ambiental a ser monitoreado, deberán seleccionarse los sitios de muestreo con un nivel de detalle acorde con el mismo, para obtener información idónea acerca de las fuentes de contaminación y/o alteración ambiental, así como de los niveles de afectación del medio, por las operaciones mineras. Un análisis cuidadoso de las fuentes de contaminación y/o alteración ambiental, sumado a las características del entorno ambiental y las transformaciones inducidas por el desarrollo de las actividades mineras, facilitará el proceso de selección de los sitios de muestreo. Los sitios deben ser de fácil acceso e identificación.
Parámetros de Medición	La selección de los parámetros de medición está determinada por las formas de contaminación y/o alteración ambiental (v.gr. parámetros físico-químicos para el caso de aguas), así como por la normatividad ambiental vigente. Los parámetros de medición para proyectos no están contenidos en las normas ambientales vigentes ni se encuentran estandarizados, por tal razón deben referirse de acuerdo a las características particulares del proyecto.
Frecuencia de Muestreo	La frecuencia de muestreo está relacionada con los ciclos de producción de agentes contaminantes, los cuales, a su vez, están determinados por los ciclos de operación de la actividad-fuente. La frecuencia de muestreo para proyectos estará determinada adicionalmente, por el régimen climático y, por la variación estacional de los períodos lluviosos. En algunos casos, las normas ambientales establecen de manera directa, la frecuencia con que deben hacerse las mediciones.
Tipo de Muestras	<p>Para el caso de muestreos estandarizados, como los establecidos para calidad del aire o del agua, será necesario determinar el tipo de muestras que se van a tomar para su posterior análisis. Si se trata de vertimiento de aguas, las muestras podrán ser simples o compuestas, dependiendo de las características de la descarga, del régimen del flujo del vertimiento y del cuerpo de agua receptor. De todas maneras, independientemente del tipo de muestra seleccionado, se deberá garantizar que éstas sean representativas de las condiciones de alteración presentes en el momento de la descarga.</p> <p>Para la definición del tipo de muestra que se va a adoptar para el monitoreo de los componentes ambientales, deberán revisarse procedimientos estandarizados o que hayan sido aplicados en procesos similares. En todo caso, deben implementarse muestreos que provean información fidedigna sobre los procesos de alteración o contaminación ambiental.</p>

ASPECTO	DESCRIPCION
Equipo de Muestreo	El equipo de muestreo, deberá corresponder en la medida de lo posible a aquellos de utilización universal que proveen datos homologados a estándares. Los parámetros a monitorear, así como las características de los agentes que contaminan o alteran el medio ambiente, son determinantes en la selección de los equipos de medición.
Muestreo y Análisis de Campo	Deberá establecerse el tipo de parámetros que pueden ser medidos en campo, tanto para garantizar la validez de las muestras, como para determinar, los requerimientos de equipos, materiales y dotación del laboratorio necesarios.
Aseguramiento de la Calidad de las Muestras	Con el fin de garantizar la calidad de las muestras y su representatividad de las condiciones del terreno, deberá incluirse una rutina que deberá ejecutarse con una periodicidad adecuada, generalmente indicada por los fabricantes de equipos, constructores de estructuras, unidades de control, o por recomendaciones de carácter empírico, derivadas de experiencias similares. Las rutinas deberán considerar como mínimo la siguiente información: descripción del equipo, descripción del sistema de calibración de los equipos, frecuencia de calibración, procedimiento de control de calidad, precisión de datos y procedimientos de cálculo de la exactitud de los equipos.
Análisis de Laboratorio	Los parámetros seleccionados, así como las características de los factores de contaminación y/o alteración ambiental, determinarán el grado de equipamiento del laboratorio y los métodos de análisis que deberán utilizarse para el examen de las muestras. En todo caso, deberán emplearse métodos de utilización generalizada, cuando no estandarizados.
Registro e Informe de Resultados	Los resultados de las mediciones deberán consignarse en formatos debidamente diseñados para el efecto, en los cuales se controlen los resultados con estándares de calidad preestablecidos (legales, convencionales o corporativos) y se incluya la correspondiente interpretación. Este registro deberá llevarse de forma sistemática y rigurosa, de acuerdo con la frecuencia establecida para las mediciones y, deberá ser reportada, en períodos de tiempo adecuados, a las autoridades ambientales correspondientes y a las demás instancias internas que conforman el sistema de gestión ambiental corporativo.

Tabla 8.1 Aspectos para el diseño del programa de monitoreo ambiental.

### **Especificaciones del Programa de Monitoreo**

En el Estudio de Impacto Ambiental de cada proyecto se definirán los parámetros a medir, los sitios de muestreo, los métodos de medición y la frecuencia del monitoreo. La autoridad ambiental se pronunciará para acogerlo o ajustarlo.

La Tabla 8.2 presenta una serie de parámetros ambientales que podrían conformar el programa para el desarrollo de esta actividad.

RECURSO	COMPONENTE	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTREO	FRECUENCIA
HÍDRICO	Agua potable	Color, olor y sabor, turbiedad, sólidos totales, nitritos, nitratos	En el sistema de distribución.	Mensual
	Agua residual doméstica	PH, temperatura, material flotante, grasas y aceites, sólidos suspendidos, DBO5	En el efluente final.	Trimestral
	Agua residual de la industria	PH, temperatura, material flotante, sólidos disueltos y suspendidos, metales pesados	Antes y después de los sistemas de tratamiento.	Mensual
	Agua residual de minería	PH, temperatura, DQO, DBO5	Antes y después de los sistemas de tratamiento.	Mensual
	Lixiviados del relleno sanitario	PH, Temperatura, DQO y DBO5	En el efluente final.	Mensual
ATMOSFÉRICO	Calidad del aire	Partículas suspendidas totales	Es necesario efectuar mediciones atmosféricas dentro y fuera de la explotación minera	Sistemas de disposición de residuos Observación y evaluación del funcionamiento del sistema elegido. Mensual
SUELO	Suelos	Características químicas y biológicas	En las pilas de suelo.	Semestral, una vez alcanzada su capacidad de diseño.
	Estériles	Características químicas y físicas	En los depósitos minerales.	De acuerdo con el modelo geológico y el Plan minero de corto plazo.
	Escombreras	Desprendimientos, desplomes, procesos erosivos, estabilidad de taludes.	Escombreras	De acuerdo con la capacidad de diseño y el desarrollo de la escombrera.
	Residuos sólidos domésticos	Recolección, transporte y disposición final de RSD. Manejo del Relleno Sanitario y manejo de lixiviados.	Áreas ocupadas del Proyecto y Relleno Sanitario.	Mensual
VEGETACIÓN	Area protegida	Perímetro de reserva e Inventario Forestal	Áreas boscosas sustraídas de la operación minera.	Semestral
	Deforestación	Inventario forestal detallado	En las áreas que van a ser descapotadas.	Antes de iniciarse cualquier descapote dentro del proyecto.
	Reforestación	Producción de plántulas y superficie plantada	Vivero, parcelas de experimentación y áreas a reforestar.	De acuerdo con la producción en vivero; calendario de siembra y/o trasplante y período de estabilización.
PAISAJE	Intervención de áreas sensibles	Descapote, deforestación, construcciones, movimientos de tierra.	Áreas intervenidas para operaciones mineras o infraestructura de soporte.	De acuerdo con el desarrollo del Plan de Minería.
	Manejo integral del paisaje	Descapote, deforestación, construcciones, movimientos de tierra.	Áreas intervenidas para operaciones mineras o infraestructura de soporte.	De acuerdo con el desarrollo del Plan de Minería.
SOCIAL	Gestión Comunitaria	Actividades de apoyo a comunidades y proyectos interinstitucionales	Comunidades ubicadas en el área de influencia inmediata del proyecto minero, municipios y entidades regionales.	De acuerdo con la dinámica de la implementación del Plan de Gestión Social.

Tabla 8.2 Parámetros de seguimiento y monitoreo como referente para el Estudio de Impacto Ambiental

## 8.1 Informes de Avance y Cumplimiento

El concesionario minero presentará informes de avance y cumplimiento a las autoridades ambientales con el fin de dar a conocer el estado de ejecución y efectividad de las medidas que hacen parte del Plan de Manejo Ambiental; así como para verificar lo referente a los permisos, concesiones o autorizaciones ambientales otorgadas para el uso y/o aprovechamiento de los

recursos naturales, y de otros requerimientos realizados por la autoridad ambiental. La frecuencia de presentación estará definida por Licencia Ambiental.

Las tablas 8.3 a 8.8 presentan los formatos que se deben incluir en los informes de cumplimiento, son tomados del “Manual de Seguimiento Ambiental: Criterios y Procedimientos”, Agosto 2002, del Ministerio del Medio Ambiente.

El concesionario podrá complementar estos formatos para su propio seguimiento y cumplimiento, o adoptar los que la Autoridad Ambiental determine.

ESTADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS PROGRAMAS QUE CONFORMAN EL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL						
PROGRAMA:					VERSION / FECHA:	
CUMPLIMIENTO DE METAS (INDICADORES DE ÉXITO)						
1. METAS		2. PARAMETRO DE CONTROL MEDIDO		3. VALOR DE REFERENCIA O CARACTERISTICA DE CALIDAD		
No.	DESCRIPCION	DESCRIPCION	VALOR	DESCRIPCION	VALOR	
CUMPLIMIENTO DE LAS ACCIONES DEL PMA						
5. ACCIONES DE MANEJO CORRECCION O COMPENSACION		6. ACCIONES DE VERIFICACION PERIODICA		7. ACCIONES DE VERIFICACION SEGÚN AVANCE		8. OBSERVACIONES
No.	DESCRIPCION	PERIODICIDAD DE LA VERIFICACION	% DE CUMPLIMIENTO	% DE AVANCE PROGRAMADO	% DE AVANCE A LA FECHA	
OBSERVACIONES GENERALES					9. PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA (%)	
					PROFESIONAL RESPONSABLE	
					FIRMA:	

Tabla 8.3. Informe de avance para el estado de cumplimiento de los programas que conforman el Plan de Manejo Ambiental  
Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

REVISION DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS DE AGUAS										FORMATO: <b>IC-2a</b> Hoja de		
1. USO DEL RECURSO												
TIPO DE VERTIMIENTO		CAUDAL			DISPOSICION FINAL		PMA RELACIONADO					
DOMESTICAS	INDUSTRIAL	AUTORIZADO	UTILIZADO	TIPO DE DISPOSICION FINAL	NOMBRE DE LA FUENTE RECEPTORA	COORDENADAS / ORIGEN	DESCRIPCION DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS					
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA												
2. OTORGADO					3. EN TRAMITE							
Nº Y FECHA DEL ACTO ADMINISTRATIVO		AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE			VIGENCIA		TIPO		FECHA DE RADICACION		AUTORIDAD COMPETENTE	
							NUEVO	RENOVACION O MODIFICACION				
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO												
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL							5. NORMA NACIONAL / INTERNACIONAL		6. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL		7. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS	
PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO	Nº. NORMA	VALOR	VALOR			
OBSERVACIONES GENERALES							<b>PROFESIONAL RESPONSABLE</b> NOMBRE:  FIRMA:					

Tabla 8.4. Revisión del permiso de vertimientos de aguas.  
Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

REVISION DE LA CONCESION DE AGUAS											FORMATO: IC-2b Hoja ____ de ____
1. USO DEL RECURSO											
FUENTE DE AGUA		CANTIDADES		CAPTACION							
SUPERFICIAL	SUBTERRANEA	AUTORIZADO	UTILIZADO	TIPO DE CAPTACION	NOMBRE DE LA FUENTE	COORDENADAS / ORIGEN	VALOR DE LA	VALOR 1 %	TASA POR USO	PMA RELACIONADO	
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA											
2. OTORGADO					3. EN TRAMITE						
No. Y FECHA DEL ACTO ADMINISTRATIVO		AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE			VIGENCIA		TIPO	RENOVACION O MODIFICACION	FECHA DE RADICACION	AUTORIDAD COMPETENTE	
							NUEVO				
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO											
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL							5. NORMA NACIONAL / INTERNACIONAL		6. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL	7. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS	
PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO	No. NORMA	VALOR	VALOR		
OBSERVACIONES GENERALES							PROFESIONAL RESPONSABLE				
							NOMBRE:				
							FIRMA:				

Tabla 8.5. Revisión de concesión de aguas

Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002. Tabla 8.6. Revisión de aprovechamiento forestal



REVISION DEL PERMISO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL								FORMATO: <b>IC-2c</b> Hoja ____ de ____	
<b>1. USO DEL RECURSO</b>									
AUTORIZADO			APROVECHADA		LOCALIZACION	AREA TOTAL AFECTADA POR EL CAMBIO DE USO	NOMBRE DE LAS ESPECIES	PMA RELACIONADOS	
No.	AREA AFECTADA	VOLUMEN	AREA AFECTADA	VOLUMEN					
<b>ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA</b>									
<b>2. OTORGADO</b>						<b>3. EN TRAMITE</b>			
No. Y FECHA ACTO ADMINISTRATIVO		AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE			VIGENCIA	TIPO		FECHA DE RADICACION	AUTORIDAD COMPETENTE
						NUEVO	RENOVACION O MODIFICACION		
<b>INDICADORES DE CUMPLIMIENTO</b>									
<b>4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL</b>								<b>5. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL</b>	<b>6. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS</b>
No.	PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO		
OBSERVACIONES GENERALES								PROFESIONAL RESPONSABLE	
								NOMBRE:	
								FIRMA:	

Tabla 8.6. Revisión de aprovechamiento forestal

Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

REVISION DEL PERMISO DE OCUPACION DE CAUCES										FORMATO: <b>IC-2d</b> Hoja de	
1. USO DEL RECURSO											
OCUPACION				ACTIVIDADES QUE CAUSAN LA OCUPACION	NOMBRE DE LA FUENTE	COORDENADAS / ORIGEN	PMA RELACIONADO				
TEMPORAL	PERMANENTE	DURACION DE LA OCUPACION	FECHA DE INICIO DE LA OCUPACION								
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA											
2. OTORGADO						3. EN TRAMITE					
No. Y FECHA DEL ACTO ADMINISTRATIVO	AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE			VIGENCIA	TIPO		FECHA DE RADICACION	AUTORIDAD COMPETENTE			
					NUEVO	RENOVACION O MODIFICACION					
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO											
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL							5. NORMA NACIONAL / INTERNACIONAL		6. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL		7. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS
PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO	No. NORMA	VALOR	VALOR		
OBSERVACIONES GENERALES							PROFESIONAL RESPONSABLE				
							NOMBRE:				
							FIRMA:				

Tabla 8.7. Revisión de ocupación de cauces  
Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

REVISION DEL PERMISO DE EMISIONES ATMOSFERICAS											FORMATO: <b>IC-2e</b> Hoja de	
1. USO DEL RECURSO												
TIPO DE EMISION			TIPO DE COMBUSTIBLE		DESCARGA			PRESION BAROMETRICA mm Hg		PMA RELACIONADOS		
No.	FLJA	MOVIL			ALTURA DE LA CHIMENEA	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m)						
ESTADO DEL PERMISO, AUTORIZACION, CONCESION O LICENCIA												
2. OTORGADO				3. EN TRAMITE								
No. Y FECHA ACTO ADMINISTRATIVO		AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE			VIGENCIA		TIPO		FECHA DE RADICACION		AUTORIDAD COMPETENTE	
							NUEVO		RENOVACION O MODIFICACION			
INDICADORES DE CUMPLIMIENTO												
4. MONITOREO E INSPECCION AMBIENTAL								5. NORMA NACIONAL / INTERNACIONAL		6. COMPROMISO EN EL ESTUDIO AMBIENTAL		7. PROGRAMAS DEL PMA RELACIONADOS
No.	PARAMETROS	UNIDAD DE MEDICION	VALOR	METODO DE TOMA DE MUESTRA	METODO DE ANALISIS	FECHA DE MUESTREO	LOCALIZACION DE PUNTO DE MUESTREO	No. NORMA	VALOR	VALOR		
OBSERVACIONES GENERALES								NOMBRE: <u>PROFESIONAL RESPONSABLE</u>  FIRMA:				

Tabla 8.8. Revisión de Emisiones Atmosféricas

Fuente: Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos. Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

## 8.2 Indicadores de Gestión Ambiental

Para la evaluación de la gestión ambiental de un proyecto minero se necesita la determinación de indicadores ambientales que dependen del tipo de minería. Estos deben ser identificados y evaluados entre las entidades del gobierno y los gremios mineros.

A título de ejemplo y como referente técnico, se presentan en esta sección los indicadores de Gestión Ambiental, tomados de las Guías Ambientales para el Carbón. Estas Guías fueron elaboradas por MMA y MINERCOL en el año 2001. Cada uno de los indicadores fue concertado con las autoridades ambientales, mineras y con los gremios mineros; se hace alusión a ellos, por cuanto evalúan la Gestión Ambiental de la planificación ambiental realizada.

La evaluación de la Gestión Ambiental del proyecto minero, basada en indicadores ajustados a una realidad ambiental, permite mayor seguridad en la inversión, y más efectividad en las actividades mineras.

### Objetivos

Los objetivos fundamentales de esta etapa se pueden resumir así:

- Realizar una evaluación de la Gestión Ambiental en cuanto a la efectividad y eficacia de manejo propuestos inicialmente.
- Identificar las estrategias preventivas o correctivas y modificar, si es permitente, el Plan de Manejo Ambiental.
- Obtener un indicador general de gestión ambiental que permita evaluar fácil y rápidamente el nivel de la empresa, posicionarse en el sector de acuerdo con el avance en el tratamiento e internalización

de la dimensión ambiental y establecer las bases para la continuación del ciclo, en el sentido de lograr el mejoramiento continuo de las condiciones ambientales en las que se desarrolla la actividad.

### *Tipo y Aplicación de Indicadores Ambientales*

La aplicación de indicadores permite la integración de resultados del examen de una situación en particular, simplifican la presentación de la información y facilitan su interpretación y confrontación con información derivada de otros proyectos o actividades que impactan el entorno medioambiental o parte de sus componentes.

Los indicadores pueden ser simples o compuestos. Los primeros de ellos pueden estar representados por el valor de una medición (p.e, concentración de sólidos en suspensión), en tanto que los segundos están conformados por dos o más medidas que pueden representar condiciones de calidad o presencia de agentes contaminantes.

La utilización de indicadores ambientales ofrece ventajas por cuanto permite comparar la calidad ambiental de un parámetro medible, de un componente ambiental en función de uno o más agentes contaminantes o de un proyecto en general. A continuación se hace un recuento de los principales indicadores ambientales para la Gestión Ambiental.

### *El Indicador De Gestión Ambiental (IGA)*

El indicador de gestión ambiental que se presenta en esta guía es una expresión que permite integrar el nivel de desempeño de la

empresa en relación con tres aspectos que se consideran vitales para determinar la respuesta de las entidades ante sus responsabilidades ambientales, ellos son:

- El grado de ejecución y cumplimiento del plan de manejo ambiental que hace parte del proyecto minero de explotación.
- El estado de legalidad ambiental de las actividades de la empresa, en cuanto a la obtención de permisos y autorizaciones requeridas para el desarrollo de los proyectos.
- El nivel de control de los impactos ambientales derivables de sus actividades.

Es necesario definir un indicador para cada uno de los aspectos mencionados e integrarlos en una sola expresión cuyo resultado refleje el nivel de gestión ambiental de la empresa, como se muestra en la figura 8.1.

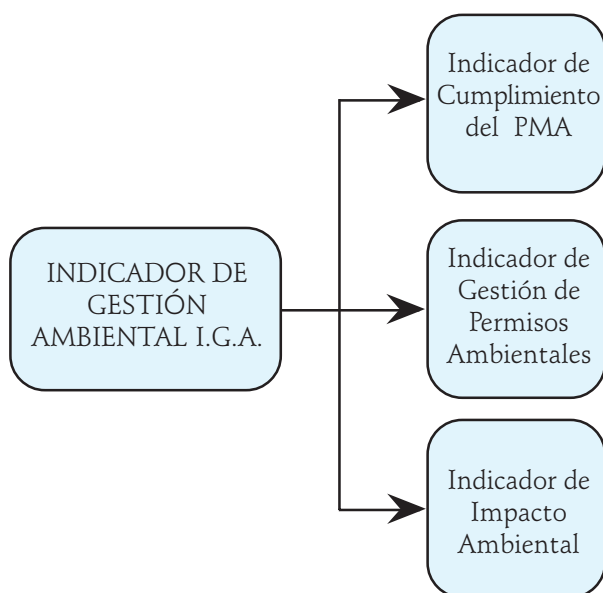


Figura 8.1. Indicadores de Gestión Ambiental (MMA & MINERCOL, Guías Ambientales Carbón. 2004)

Matemáticamente la expresión que se propone para el cálculo del I.G.A es:

- $I GA = I PMA * Fp PMA + I Permisos * Fp Perm. + I IA * Fp IA$
- I GA: Indicador de Gestión Ambiental: valor entre 0 y 100.
- I PMA: Indicador de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental: valor entre 0 y 100.
- Fp PMA: Factor de Ponderación del Plan de Manejo Ambiental
- I Permisos: Indicador de gestión de Permisos ambientales: valor entre 0 y 100.
- Fp Perm: Factor de ponderación permisos ambientales
- I IA: Indicador de impacto ambiental: valor entre 0 y 100.
- Fp IA: Factor de ponderación del impacto ambiental

La distribución de 100 unidades entre los Factores de Ponderación (Fp) corresponde a la importancia relativa inherente a cada uno de los componentes del IGA. Por ejemplo, se recomienda que al indicador de impacto ambiental se le asigne siempre el mayor factor de ponderación, puesto que en últimas el beneficio ambiental se obtiene, no tanto como resultado, de la obtención de todos los permisos sino por el control efectivo y la minimización del impacto sobre el ambiente.

En las secciones siguientes se presenta una discusión detallada de los conceptos básicos y la metodología sugerida para el cálculo de

los componentes del Indicador de Gestión Ambiental – IGA. cuya estructura aparece en la Tabla 8.9 a manera de ejemplo.

En el caso de indicadores de impacto ambiental  $I_k$  es necesario tener en cuenta que la explotación de los diferentes grupos de minerales presentan impactos específicos que es necesario considerar dentro de los componentes secundarios.

Como parte del proceso de SGA es necesario evaluar la gestión realizada en la aplicación del Plan de Manejo Ambiental, para determinar las medidas correctivas y asegurar el cumplimiento del principal objetivo de la Gestión Ambiental, que es mejorar las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla la actividad. Lo anterior deriva en la necesidad de formular un indicador que represente el grado de cumplimiento del Plan

COMPONENTES PRINCIPALES	COMPONENTES SECUNDARIOS	SÍMBOLO
Indicador del Plan de Manejo Ambiental ( $I_{PMA}$ )	Indicador del plan de manejo biofísico Indicador del plan de gestión social Indicador del plan de monitoreo Indicador plan de contingencia	$I_{PMB}$ $I_{PGS}$ $I_{PM}$ $I_{PC}$
Indicador de Permisos Ambientales ( $I_{PERM}$ )	Permisos obtenidos Permisos requeridos	$I_{perm}$ $I_{requerido}$
Indicador de Impacto Ambiental ( $I_{IA}$ )	Indicador de impacto por vertimientos de aguas residuales de minería Indicador de impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas Indicador de impacto por manejo de escombreras Indicador de impacto por nivel de empleo	$I_{vert\ ARD}$ $I_{Vert.ARD}$ $I_{Deforestación}$ $I_{Empleo}$

Tabla 8.9 Ejemplo de la estructura del Indicador de Gestión Ambiental (IGA) para proyectos de explotación minera

### 8.2.1 Indicador de Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental - I PMA

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) es, el instrumento operativo para la planeación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA). En él se describen y se dan las especificaciones de las obras y acciones que se deben realizar para controlar, mitigar, o compensar los impactos generados por una actividad.

de Manejo Ambiental y permita determinar las causas que influyen en su desarrollo.

#### • Componentes del PMA

El Plan de Manejo Ambiental involucra cuatro componentes principales, a saber:

- *Plan de manejo del medio biofísico:* Incluye las obras y acciones dirigidas a controlar,

mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el medio biofísico: agua, aire, suelo, fauna, vegetación.

- *Plan de gestión social:* Contiene las especificaciones de las obras y acciones dirigidas a controlar, mitigar, corregir o compensar los impactos sobre el ser humano y su entorno socioeconómico y cultural.
- *Plan de monitoreo:* Contempla la definición de los parámetros del medio biofísico y social que deben ser evaluados periódicamente para verificar el comportamiento de los elementos ambientales y el cumplimiento de la normatividad.
- *Plan de contingencia:* Se refiere a las estrategias y acciones de prevención y control de los eventos contingentes que puedan afectar a las personas, el ambiente o los bienes materiales.

• *Descripción del indicador*

El indicador propuesto para evaluar el nivel de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental considera cada uno de los componentes del manejo ambiental, como se indica enseguida:

$$I\text{ PMA} = [(I\text{ PMB} + I\text{ PGS} + I\text{ PM} + I\text{ PC})/4] * 100$$

En donde:

- I PMA: Indicador de cumplimiento del PMA, valor entre 0 y 100.
- I PMB: Indicador del plan de manejo biofísico, valor entre 0 y 1.
- I PGS: Indicador del plan de gestión social, valor entre 0 y 1.
- I PM: Indicador del plan de monitoreo, valor entre 0 y 1.
- I PC: Indicador del plan de contingencia, valor entre 0 y 1.

Ahora, para evaluar cada uno de los indicadores que conforman el I PMA se consideran dos aspectos básicos:

**Grado de ejecución:** Se refiere al nivel de ejecución del Plan de Manejo Ambiental, compara el número de obras terminadas, el número de equipos o sistemas adquiridos hasta el momento de la evaluación (NOAE) contra el número total de obras y equipos o sistemas contemplados en el Plan de Manejo Ambiental (NTOT).

**Ejecución presupuestal:** Compara el dinero invertido hasta el momento (R GAST) contra el dinero total presupuestado en el Plan de Manejo Ambiental (R PROG).

La evaluación de estos aspectos aplicada a cada uno de los componentes del Plan de Manejo Ambiental resulta en una expresión como la siguiente:

$$Ip-i = [(N\text{ OAE}/N\text{ TOT}) + (R\text{ GAST} / R\text{ PROG})]/2$$

En donde:

- I p-i Indicador de cumplimiento del plan de manejo ambiental-i, en donde «i» se refiere a cada uno de los componentes del Plan de Manejo Ambiental; valor entre 0 y 1.
- N OAE Número de obras o acciones ejecutadas y equipo adquirido hasta el momento de la evaluación de acuerdo con el Manejo Ambiental.
- N TOT Número de total de obras, acciones o equipo programado según el Plan de Manejo Ambiental.
- R GAST Recursos gastados hasta el momento de la evaluación; valor en \$.
- R PROG Recursos totales presupuestados en el Plan de Manejo Ambiental; valor en \$.



Después de obtener el indicador para cada uno de los componentes del Plan de Manejo Ambiental, se calcula el promedio aritmético con el cual se definió el Indicador del Plan de Manejo Ambiental (I PMA). Se sugiere el promedio aritmético para darle una importancia igual a cada componente del Plan de Manejo Ambiental; sin embargo, se podrá analizar la posibilidad de incluir factores de ponderación a cada componente o establecer otro tipo de promedio.

### 8.2.2 Indicador de Gestión de Permisos Ambientales - I. Permisos

La legislación ambiental colombiana exige la obtención de licencia ambiental y de los correspondientes permisos y autorizaciones para la utilización y aprovechamiento de los recursos naturales que se requieran o puedan ser afectados en el desarrollo de un proyecto minero abierto. En consecuencia, la empresa interesada en ejecutar un proyecto de este tipo, o la que ya se encuentre en operación, debe mantener al día las obligaciones pertinentes para asegurar su legalidad ambiental.

- *Permisos ambientales requeridos en proyectos de exploración minera*

El número y la clase de permisos ambientales que se requieren para el desarrollo de un proyecto minero depende fundamentalmente de su localización geográfica y del tamaño de la operación. En virtud de estos factores, la autoridad ambiental determinará las exigencias particulares para:

- Intervenir ecosistemas sensibles o de alta fragilidad ambiental.
- Intervenir áreas en donde existan minorías étnicas.

- Efectuar apertura o rehabilitación de vías de acceso.
- Remover vegetación.
- Captar aguas superficiales o subterráneas
- Descargar vertimientos líquidos a cuerpos de agua.

#### • Descripción del indicador

Se propone un indicador sencillo que compare el número de permisos obtenidos con el número de permisos que se deben obtener. El valor será máximo cuando la cantidad sea igual, lo cual indicaría una buena gestión de la empresa.

$$I_{\text{Permisos}} = \left[ \frac{\text{Permisos. Obtenidos}}{\text{Permisos. requeridos}} \right] * 100$$

En donde:

- I. Permisos: Indicador de gestión de Permisos Ambientales: valor entre 0 y 100.
- Permisos Obtenidos: Número de resoluciones o actos administrativos que respaldan los permisos obtenidos.
- Permisos Requeridos: Número de permisos requeridos para la actividad.

Todos los permisos ambientales se respaldarán con una resolución o acto administrativo emanado de la autoridad ambiental competente, en donde se señala, entre otros aspectos, el nombre del beneficiario, las condiciones sobre las cuales se considera válido, y su fecha de expiración.

### 8.2.3 Indicador de Impacto Ambiental – IIA

El indicador de impacto ambiental derivable de las actividades de un proyecto de minería a cielo abierto deberá expresar la eficiencia de la empresa en la mitigación y el control de las posibles alteraciones ambientales que se pueden causar. Se intenta relacionar, por ejemplo, el efecto de la liberación de las cargas contaminantes sobre las características ambientales en el área de influencia de la actividad teniendo en cuenta la capacidad asimilativa de los sistemas o elementos receptores de esas cargas.

#### • Descripción del indicador

El indicador del impacto ambiental de la minería a cielo abierto resulta del cálculo del promedio aritmético ponderado de cada uno de los indicadores de impacto identificados y sometidos a evaluación.

$$I_{IA} = [\sum I_i * UI_i] / 100 * n$$

En donde:

- $I_{IA}$  Indicador global de impacto ambiental.: valor entre 0 y 100.
- $I_i$  Indicador de impacto ambiental generado por el impacto i : valor entre 0 y 100.
- $UI_i$  Unidades de importancia para el impacto i: valor entre 0 y 1.000
- n Número de parámetros evaluados

Las Unidades de Importancia (UI) tienen por objeto diferenciar la relevancia de un impacto con respecto a los demás. En la literatura se recomienda que sobre una base

de 1.000 puntos se asignen las UI a los diferentes impactos. A continuación se plantea un ejemplo para mostrar el proceso de cálculo del Indicador de Gestión Ambiental y de sus diferentes componentes.

### 8.2.4 Ejemplo Ilustrativo para el Cálculo del Indicador de Gestión Ambiental - IGA

Se presenta en esta sección el planteamiento hipotético de una empresa que maneja una explotación de minería a cielo abierto y precisa calcular el IGA. A partir de la identificación de la información necesaria en cada caso, se muestra el procedimiento de cálculo de cada uno de los componentes del Indicador de Gestión Ambiental y la integración de los mismos en un solo valor.

#### • Cálculo del indicador del Plan de Manejo Ambiental

Una empresa que realiza la explotación presenta la situación que se describe en la tabla 8.10 en relación con su gestión ambiental (Página siguiente).

Para calcular el indicador de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental se determina el indicador para cada uno de los componentes del Plan de Manejo Ambiental mediante la siguiente expresión:

$$Ipma-i = [(N_{OAE}/N_{TOT})PHP] + (RGAST / RPROG)/2$$

Posteriormente se integran estos valores en el indicador global del PMA, así:

$$I_{PMA} = [(I_{PMB} + I_{PGS} + I_{PM} + I_{PC})/4] * 100$$

ACCIONES PROGRAMADAS REQUERIMIENTOS NORMATIVOS	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL
Plan de Manejo biofísico: · Construcción de un canal perimetral al botadero · Construcción de una laguna para retención de sólidos · Construcción de una trampa de grasas · Charlas a personal para prohibición de caza en el área · Presupuesto: \$ 12.000.000	Realizado Realizado No se realizó No se realizó Inversión: \$ 10.000.000
Plan de Gestión social: · Desarrollo de una estrategia de capacitación ambiental para los empleados de la empresa · Realización de un taller con personal vinculado al proyecto para informar sobre normas y requisitos ambientales del proyecto · Elaboración del programa de salud ocupacional · Presupuesto: \$ 2.000.000	Realizado  Realizado No se realizó Inversión: \$ 500.000
Plan de Monitoreo: · Dos jornadas de muestreo y análisis de las características físicoquímicas de las aguas de bombeo de la mina hacia las lagunas de retención · Presupuesto: \$ 4.500.000	Realizado Presupuesto: \$ 4.500.000
Plan de Contingencia: Divulgación de las medidas preventivas y de control en caso de emergencias Presupuesto: \$ 500.000	Realizado Presupuesto: \$ 500.000

Tabla 8.10. Ejemplo Gestión ambiental

El resultado de estos cálculos, para las condiciones del ejemplo, es el siguiente:

	$N_{OAE}/N_{TOT}$	$R_{GAST} / R_{PROG}$	$I_{p-i}$
$I_{PMB}$	2/4	10.000.000/12.000.000	0.66
$I_{PGS}$	2/3	500.000/2.000.000	0.46
$I_{PM}$	1/1	4.500.000/4.500.000	1.00
$I_{PC}$	1/1	500.000/500.000	1.00
$I_{PMA} = [(0.66+0.46+1.00+1.00)/4] * 100$			78

El  $I_{PMA}$  en este caso es de 78 unidades

• *Indicador de permisos ambientales*

La situación para el ejemplo es:

PERMISOS/AUTORIZACIONES REQUERIDAS	EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE PERMISOS
Licencia ambiental	Se obtuvo
Permiso de vertimientos	Se obtuvo
Permiso de aprovechamiento forestal	Se obtuvo
Permiso de emisiones atmosféricas	No se tramitó
Concesión de aguas	No se tramitó

De conformidad con lo expuesto anteriormente, el indicador de permisos será:

$$I_{\text{Permisos}} = \left[ \frac{\text{Permisos. Obtenidos}}{\text{Permisos. requeridos}} \right] * 100$$

$$I_{\text{Permisos}} = 3/5 * 100 = 60$$

El  $I_{\text{Permisos}}$  en este caso es de 60 unidades

• *Indicador de impacto ambiental*

La metodología de cálculo del IIA. se aplicará, de manera ilustrativa, para algunos de los impactos potenciales, seleccionados con base en la identificación y análisis de impactos previamente realizada.

Deterioro de calidad del agua por vertimiento de aguas residuales de minería, manejo de escombreras y generación de empleo.

Indicador de impacto de aguas residuales de minería.

Se supone que como resultado de las mediciones efectuadas se obtuvo la siguiente información:

pH	SDT (mg/l)	SST (mg/l)	Fe (mg/l)	SO4 (mg/l)
5.0	953	25	10.8	215

Los niveles de calidad ambiental correspondientes a estos datos se obtienen de la lectura de las funciones de transformación que presentan las fig. 8.2 a 8.6.

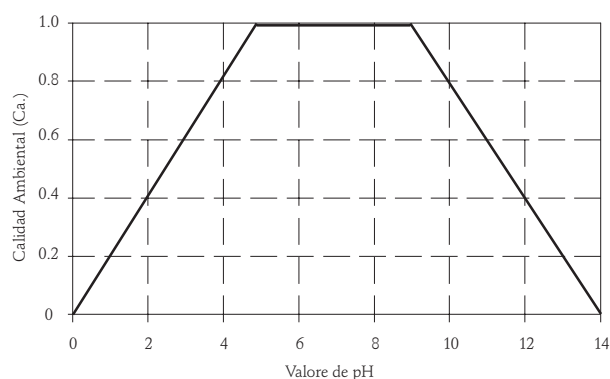


Fig. 8.2 pH vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

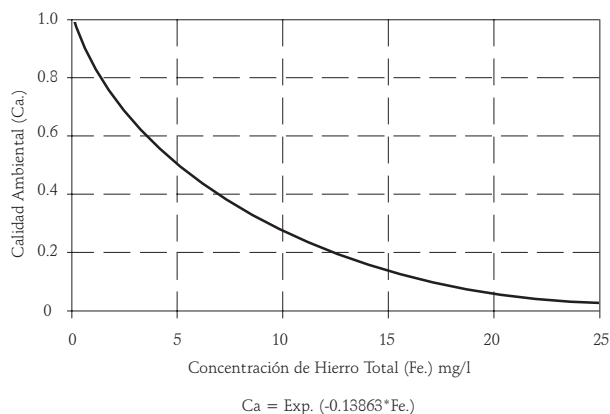


Fig 8.3. Concentración de Hierro Total vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

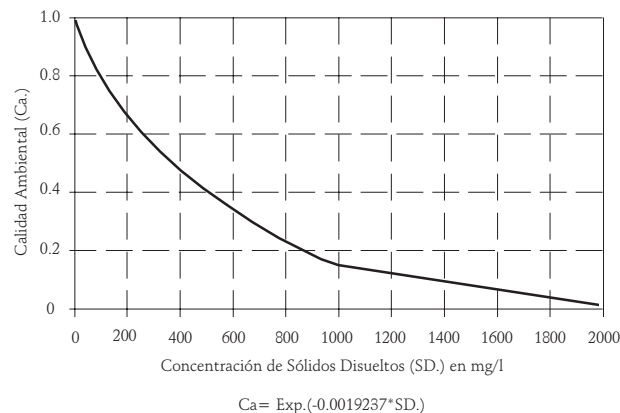


Fig 8.4. Concentración de Sólidos Disueltos vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

Se obtienen los siguientes valores en términos de Calidad Ambiental:

pH	SDT (mg/l)	SST (mg/l)	Fe (mg/l)	SO4 (mg/l)	<b>Ca</b>
1.0	0.15	07	0.2	0.7	<b>2.75</b>

Reemplazando el valor de Ca y aplicando la información relacionada con el caudal del vertimiento y el caudal del cuerpo receptor, se obtiene el valor del indicador por vertimiento de aguas residuales de minería (I vert. A M) el cual resulta ser de 0.54.

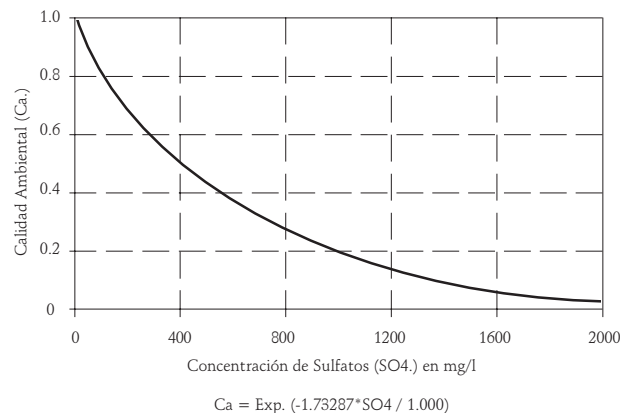


Fig 8.5. Sulfatos vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

Número de parámetros físico químicos del indicador	n	5
Promedio de calidad ambiental	(Ca.)/n	0.55
Promedio de caudal vertido (l/s)	Qvertido	100
Caudal cauce permanente donde se vierte (l/s)	Q ca	10000
Indicador de Impacto por Aguas Residuales de Minería: $I_{\text{vert. AM}} = [(Ca.) / n] * [1 - \{Q \text{ vertido} / Q \text{ ca}\}]$	$I_{\text{vert. AM}}$	0.54

• *Indicador de impacto por manejo de escombreras*

La información asumida para calcular este indicador es la siguiente:

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR/TIPO
Distancia para botadero a cauce de agua	X	10 m
Tipo de cauce de agua	TC	Secundario
Altura del botadero (m)	H	8 m
Talud promedio del botadero (m/m)	T	1:1
Area de botadero reforestada (m2)	Ar	200
Area total del botadero (m2)	At	500

Los niveles de calidad ambiental correspondientes a estos datos se obtienen de la lectura de las Fig. 8.6 a 8.8.

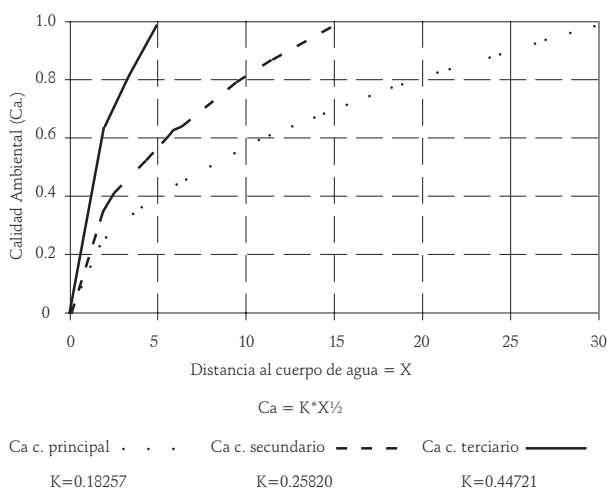


Fig 8.6. Distancia a cuerpo de agua vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

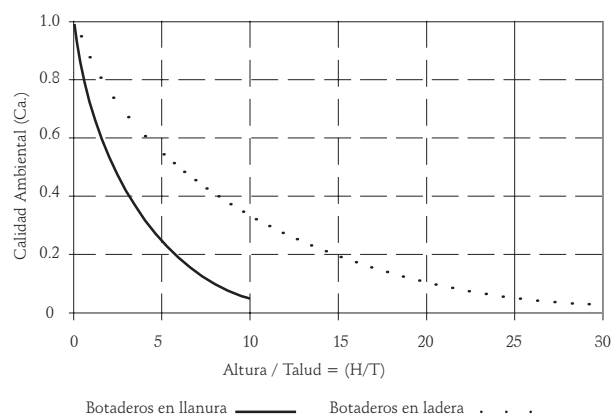


Fig 8.7. Geometría botadero vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

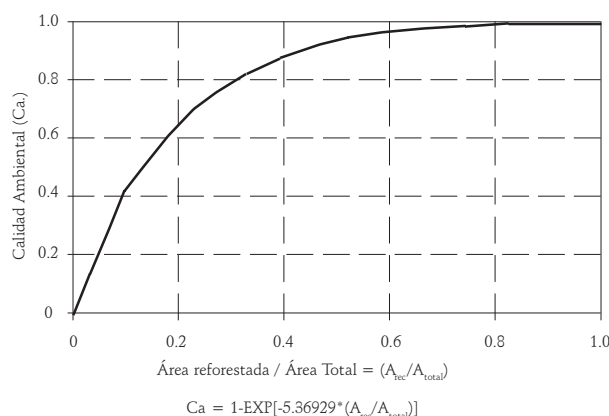


Fig 8.8. Area reforestada vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001Guías Ambientales para el Carbón).

La lectura de los valores de Ca provee el indicador de impacto ambiental por manejo de escombreras que resulta en un valor de 0.7, como se indica a continuación:

Calidad ambiental por distancia de la pata del botadero al cauce de agua (m) - Ca dca	0.8
Calidad ambiental por geometría del botadero - Ca gb	0.4
Calidad ambiental por reforestación - Ca ref	0.9
INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL POR MANEJO DE ESCOMBRERAS $Imb = [(Ca\ dca + Ca\ gb + Ca\ ref) / 3] * 100$	$0.7 * 100 = 70$

- *Indicador de impacto por nivel de ingresos*

Para calcular el valor de este indicador se supondrá la información relacionada a continuación:

PARÁMETRO	SIMBOLO	VALOR/TIPO
No. de empleados que ganan entre 1 y 2 salarios mínimos	a	35
No. de empleados que ganan entre 2 y 3 salarios mínimos	b	8
No. de empleados que ganan entre 3 y 4 salarios mínimos	c	4
No. de empleados que ganan entre 4 y 5 salarios mínimos	d	2
No. de empleados que ganan mas de 5 salarios mínimos	e	1
No. total de empleados	Nt	50



Ahora, se calcula el valor del Salario ponderado aplicando la ecuación:

$$\text{Salario ponderado: } Sp = (a+b*2+c*3+d*4+e*5) / Nt$$

y en la Fig. 8.9 se lee el valor correspondiente a la calidad ambiental – Ca:

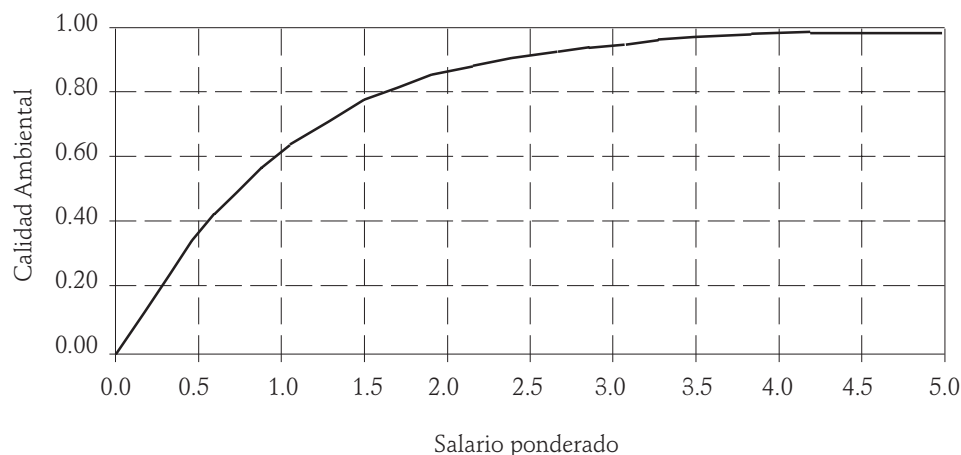


Fig 8.9 Salario ponderado vs. calidad ambiental (MMA y MINERCOL. 2001 Guías Ambientales para el Carbón).

Calidad ambiental por nivel de ingresos: 0.75

Indicador de impacto ambiental por nivel de ingresos:  $I_{\text{ingresos}} = Ca * 100$

$$I_{\text{ingresos}} = 75$$

• *Valor del indicador de impacto ambiental*

El cálculo del valor del indicador de impacto ambiental se efectúa mediante la siguiente ecuación:

$$I_{IA} = [(I_i * UI_i) / 100 * n]$$

En donde:

- $I_{IA}$  Indicador global de impacto ambiental: valor entre 0 y 100.
- $I_i$  Indicador de impacto ambiental generado por el impacto  $i$ : valor entre 0 y 100.
- $UI_i$  Unidades de importancia para el impacto  $i$ : valor entre 0 y 1.000
- $n$  Número de parámetros evaluados

La asignación de las Unidades de Importancia se basa, como se mencionó anteriormente, en la distribución de 1000 puntos entre los impactos identificados. Para el ejercicio ilustrativo se suponen los valores relacionados a continuación, sobre la base de un puntaje equitativo (500 puntos) tanto para el componente biofísico como para el socioeconómico:

COMPONENTE	IMPACTO POTENCIAL	UI
BIOFÍSICO (500)	Deterioro de calidad del agua por vertimiento de aguas residuales de minería Manejo de escombreras	100 50
SOCIAL(500)	Nivel de Ingreso	150

En el cuadro anterior la suma de las Unidades de Importancia no totalizan 1000 porque no se están teniendo en cuenta la totalidad de los impactos potenciales identificados.

Como resultado del cálculo citado, se obtiene que el valor de  $I_{IA}$  es de 28,5.

INDICADOR	VALOR $I_i$	UI	$I_i * UI$
I Vert.ARM	54	100	54
IMB	70	50	35
I.ingresos	75	150	112.5
SUMATORIA			201.5
$I_{IA}$			67,1

- *Indicador de gestión ambiental*

El valor del  $I_{GA}$  será de 42,2 unidades, el cual se obtiene aplicando la ecuación:

$$I_{GA} = I_{PMA} * Fp_{PMA} + I_{Permisos} * Fp_{Perm.} + I_{IA} * Fp_{IA}$$

INDICADOR	VALOR $I_i$	$Fp_{PMA}$	$I_i * Fp_{PMA}$
$I_{PMA}$	78	0,2	15.6
$I_{Permisos}$	60	0,1	6.0
$I_{IA}$	67.1	0,7	47
$I_{GA}$			68.6

El resultado indica que esta empresa podría mejorar su desempeño ambiental en cerca de un 32%.

## CME 9

**Evaluación de Riesgos****9.1 Objetivos y Alcances**

El plan de contingencia es el instrumento estratégico que identifica las situaciones de riesgo que puedan ocurrir por fuera de las condiciones normales de operación y define las acciones para su prevención y control. Asimismo, determina los recursos físicos y humanos, y la metodología necesaria para responder oportuna y eficazmente ante una emergencia.

**Objetivos Específicos**

Identificar las amenazas de los procesos o actividades de orden técnico, natural o antrópico, que puedan materializarse sobre los recursos empresariales, comunitarios y del medio ambiente para lo cual es necesario:

- Identificar los escenarios de riesgo en las diferentes etapas del proyecto y elaborar el mapa de riesgos.
- Estimar los riesgos y evaluar la vulnerabilidad de los recursos empresariales, comunitarios y del medio ambiente, ante las amenazas identificadas
- Formular un plan de emergencia que articule estrategias (procedimientos, recursos

e instrumentos) para la prevención, control y atención de los riesgos evaluados para las actividades del proyecto.

- Contribuir a la consolidación de una cultura de administración de riesgos, para asegurar los recursos empresariales, humanos, físicos y financieros, así como la información y la política empresarial.
- Capacitar y concientizar sobre posibles riesgos, al personal que participa en todas las actividades del proyecto, los grupos comunitarios y la población del área, para lograr el desarrollo de respuestas inmediatas, eficientes y coordinadas.
- Establecer los procedimientos, recursos y apoyos interinstitucionales necesarios para activar el plan de contingencia.
- Establecer un Banco de Información para la administración de riesgos e implementación del plan de contingencia (plan estratégico y plan operativo)

**9.2 Lineamientos Generales**

La estructura del plan de contingencia contempla los siguientes aspectos básicos: Plan estratégico, panorama de riesgos, definición de recursos para aplicación del plan de contingencia, plan operativo y plan informativo.

- *Plan estratégico:*

En este se describirá la operación del proyecto, los escenarios de riesgo asociados a su desarrollo, los alcances del plan, la cobertura, el organigrama operacional, la relación de las autoridades que se deben involucrar en una situación de emergencia y los mecanismos de comunicación.

- *El panorama de riesgos:*

Permite evaluar las posibles consecuencias y efectos de una contingencia y proponer soluciones selectivas, razonables y eficientes para atender una emergencia.

- *El recurso humano:*

Está representado usualmente por la brigada de control, que se despliega ante la ocurrencia de una emergencia. Cada uno de los integrantes de la brigada de control, debe estar capacitado y entrenado para su labor y cumplir con las funciones y responsabilidades asignadas. Los equipos son el segundo recurso más importante para el control de emergencias.

- *Plan operativo:*

Se formula de acuerdo con los escenarios de riesgos. Debe contemplar los mecanismos para la toma de decisiones en caso de emergencia, las acciones operativas, los procedimientos administrativos y la forma como se debe declarar la terminación de la emergencia.

- *Plan informativo:*

Contendrá la base de datos con la información básica que apoya los planes estratégico y operativo. Esta sección del plan de contingencia, debe contener al menos, la siguiente información:

- Cartografía (mapa de riesgos)
- Lista de equipos requeridos
- Lista de equipo auxiliar
- Lista de equipos de apoyo
- Lista de entidades de apoyo externo
- Directorio telefónico del grupo de control de emergencias

### 9.3 Plan Operativo

- Comunicaciones: Flujo de información entre los responsables del manejo y control de los riesgos.
- Acciones preventivas para evitar la emergencia.
- Acciones de control: Procedimientos específicos a seguir durante una emergencia. Incluye el listado de equipos para el control de emergencias.
- Información de apoyo: entidades del área de influencia del proyecto que pueden apoyar, en caso de emergencia, cartografía y rutas hacia centros de atención.

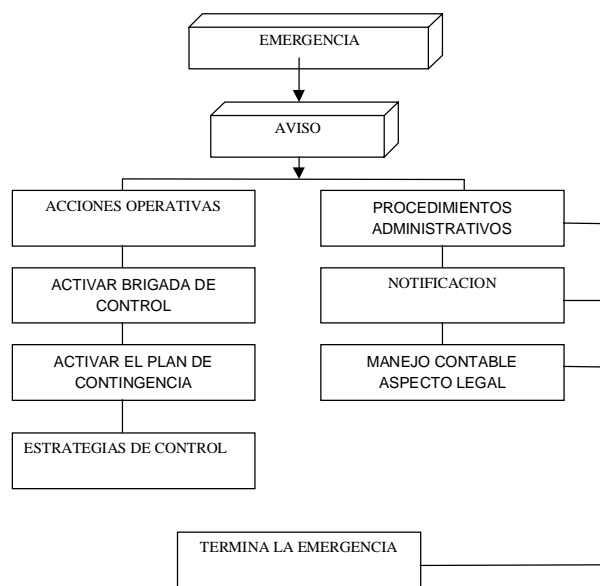


Figura 9.1 Procedimientos típicos en caso de emergencia. (Guía Ambiental Carbón: Exploración, MMA, 2001).

## LTE 10

### Bibliografía

CANTER, Larry W. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. McGraw Hill. Madrid.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - C.A.R., 2001- Guía de Presentación de Estudios de Impacto Ambiental en Minería a Cielo Abierto.

DAMA - FUNDACIÓN BACHAQUEROS. 2000. *Protocolo Distrital de Restauración Ecológica*. Guía para la Restauración de Ecosistemas Nativos en la Áreas Rurales de Santa Fe de Bogotá. Convenio. DAMA-FEB.

ECOCARBOÓN. 1995. Control de la Contaminación del Agua en la pequeña minería subterránea del Carbón. Informe de Diagnóstico, Alvaro Orozco Asociados Ingenieros. Bogotá

ECOCARBOÓN. 1997. Minería Subterránea del Carbón. Bogotá

ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY, 1995. *Environmental Monitoring and Performance*. De la serie Best Practice environmental Management in Mining. Australia.

GAYOSO, j. y ACUÑA, m. 1999. *Guía de Campo. "Mejores Prácticas de Manejo Forestal"*. Universidad Austral de Chile. Valdivia. pp. 139.

GAYOSO, j., BASTIENNE, S. y ACUÑA, m. 2000. *Guía de Conservación del Agua*. Universidad Austral de Chile. Valdivia. pp. 139.

GHH – Fahrzeuge. *We Carry all Loads*. ICONTEC. 2002. *Catálogo Normas Técnicas Colombianas*. 356 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. *Guía de Manejo Ambiental para el Sector Cementero*,

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. 1989. *Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería*, 2ª edición. Madrid.

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, SUBSECTOR MINERIA, 1998. *Guía Ambiental para el Manejo de Problemas de Ruido en la Industria Minera*. Dirección General de Asuntos Ambientales. Lima - Perú. 90 pp.

*MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, SUBSECTOR MINERIA, 1998. Guía Ambiental para la Perforación y Voladura. Dirección General de Asuntos Ambientales. Lima - Perú. 82 pp.*

*MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2001. Términos de referencia - Los trabajos de exploración (LTE) y programa de trabajos y obras (PTO) para minerales y rocas distintos a materiales de arrastre y de minería marina. Documento Provisional de Revisión y Discusión. Bogotá, abril 18 de 2002*

*MINERCOL, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2001. Guía Ambiental: Exploración de Carbón. Bogotá, 2001.*

*MINERCOL, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2001. Guía Ambiental: Carbón Minería a Cielo Abierto. Bogotá, 2001.*

*MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, MINERCOL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2001. Guía Ambiental: Carbón Minería Subterránea. Bogotá, 2001.*

*MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 1998. Términos de Referencia para el Estudio de Impacto Ambiental para Exploración Minera. Bogotá.*

*MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, 1995. Guía Técnica para el Manejo de Escombros en las Obras de Construcción. Unidad de Soporte para el Control de la Contaminación Industrial. Bogotá. 32 pp.*

*MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Términos de Referencia MIN 010. Plan*

*de Manejo Ambiental para Exploración de Yacimientos Minerales. Santa fe de Bogotá.*

*MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Guía Ambiental para Proyectos de Transmisión de Energía Eléctrica. Bogotá.*

*MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1998. Guía Ambiental para Proyectos de Distribución Eléctrica. Versión 02. Bogotá.*

*MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2000. Guía ambiental para las estaciones de servicio. Bogotá.*

*MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2002. Manual de Seguimiento de Proyectos. Bogotá.*

*PLACER DOME INC. Proceso de Desarrollo de una Mina.*

*ORTIZ de U, F. 1994. Fundamento de Laboreo de Minas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de minas. Fundación gómez Pardo. pp 383*

*RODRIGUEZ EFRAIN Y SANCHEZ CARLOS. Introducción a la Geología y Minería al Carbón para Ingenieros. Bogotá, Nov 1991.*

*REPUBLICA DE COLOMBIA - GOBIERNO NACIONAL, 2001. Código de Minas (Ley 685 de agosto 15 de 2001). Edición UPME, Bogotá.*

*KENNEDY, B. 1990., Metallurgy and Exploration, Surface Mining. Society for Mining Inc. Littleton, Colorado, «. 2 ed.*

*WHITTAKER, B. N. and REDDISH, D. J., 1975. Manual para el Control de los Factores de Degradación Ambiental en la Minería Subterránea de Carbón.*

